

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання практичних, розрахунково-графічної та самостійної робіт
з навчальної дисципліни

**«ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ
В ЗАДАЧАХ МОНІТОРИНГУ»**

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання
спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій
спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

Методичні вказівки для виконання практичних, розрахунково-графічної та самостійної робіт з навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» (для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. С. Творошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 91 с.

Укладач канд. техн. наук **І. С. Творошенко**

Рецензенти:

К. О. Метешкін, доктор технічних наук, професор Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

А. А. Євдокімов, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна, протокол № 1 від 29.08.2016 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	5
1.1 Побудова поверхні на основі заданих параметрів.....	5
1.2 Дослідження статистичних даних забруднення атмосфери.....	20
1.3 Картографування концентрації шкідливого компонента в атмосфері.....	34
1.4 Порівняння отриманих моделей інтерполяції.....	50
1.5 Картографування вірогідності перевищення критичного значення концентрації шкідливого компонента в атмосфері.....	53
1.6 Створення заключного варіанту карти на основі статистичного аналізу забруднення атмосфери.....	61
2 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	66
2.1 Структура розрахунково-графічної роботи.....	66
2.2 Правила оформлення розрахунково-графічної роботи.....	68
2.3 Приклади бібліографічного опису в переліку посилань.....	71
2.4 Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи.....	72
3 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	73
3.1 Наукові основи екологічного моніторингу.....	73
3.2 Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища.....	75
3.3 Системний підхід до збору інформації про природні явища.....	77
3.4 Використання аерокосмічної інформації в природоохоронних проектах.....	80
3.5 Використання інструментальних геоінформаційних систем в моніторингу навколишнього середовища	83
3.6 Застосування геоінформаційної системи ArcGIS для вирішення задач екологічного моніторингу.....	85
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ВСТУП

У науках про Землю інформаційні технології породили геоінформатику та географічні інформаційні системи, причому слово «географічні» означає в даному випадку не стільки «просторовість» або «територіальність», а скоріше комплексність та системність дослідного походу.

Використання геоінформаційних систем дозволяє оперативно отримувати інформацію по запиті та відображати її на картооснові, оцінювати стан екосистеми та прогнозувати її розвиток. При комплексному підході доводиться спиратися на узагальнюючі характеристики навколишнього середовища, внаслідок чого обсяги навіть мінімально достатньої вихідної інформації повинні бути великими, інакше, обґрунтованість дій та рішень навряд чи може бути досягнута. Однак, простого накопичення даних теж недостатньо, ці дані повинні бути легкодоступними та систематизованими відповідно до потреб.

Угрупування даних у потрібному вигляді, їх належне зображення, зіставлення, аналіз цілком залежать від кваліфікації та ерудованості дослідника, обраного ним підходу до інтерпретації накопиченої інформації та моніторингу.

Під час моніторингу та аналізу зібраних даних істотне місце займає технічна оснащеність дослідника, що включає відповідні для вирішення поставленого завдання апаратні засоби та програмне забезпечення, останнім часом все частіше застосовується технологія геоінформаційних систем.

Дисципліна «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» передбачена навчальним планом підготовки магістрів на 1 курсі денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) – «Геоінформаційні системи і технології».

Методичні вказівки охоплюють основні розділи дисципліни щодо використання геоінформаційних систем в задачах моніторингу та мають на меті сформувати у студентів розширені знання щодо функціональних можливостей геоінформаційних систем та набуття практичних навичок застосування геоінформаційних систем під час вирішення задач моніторингу.

Завданням дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» є геоінформаційне моделювання у сфері моніторингу та вивчення методів вирішення задач моніторингу за допомогою геоінформаційних систем.

Методичні вказівки написані з таким розрахунком, щоб студенти вивчили теоретичний матеріал за рекомендованими джерелами, виконали практичні та розрахунково-графічну роботи, опрацювали теми самостійної роботи та підготувалися до підсумкового контролю з даної дисципліни.

1 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

1.1 Побудова поверхні на основі заданих параметрів

Мета роботи: освоїти процес створення поверхонь на основі заданих даних, а також познайомитись з додатковим модулем ArcGIS Geostatistical Analyst Extension, який надає можливість послідовно виконати процес створення моделі з використанням заданих значень параметрів для створення поверхні концентрації озону.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Запуск ArcMap та включення додаткового модулю ArcGIS Geostatistical Analyst Extension (рис. 1.1):

- щоб запустити ArcMap, виберіть Пуск > Всі програми > ArcGIS > ArcMap 10;

- клацніть **Відміна (Cancel)** у діалоговому вікні ArcMap – **Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**. Діалогове вікно може не відкритися, якщо його раніше було відмінено за замовчуванням;

- у головному меню клацніть на **Налаштування (Customize)** > **Додаткові модулі (Extensions)**;

- поставте відмітку **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension**;


- клацніть **Закрити (Close)**.

Крок 2. Додавання панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension: у головному меню клацніть на **Налаштування (Customize)** > **Панелі інструментів (Toolbars)** > **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension**.

Панель інструментів **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension** буде додана в сеанс ArcMap.

Додатковий модуль та панель інструментів потрібно включити і додати тільки один раз, при подальшому відкритті ArcMap вони будуть активовані.

Крок 3. Додавання даних в сеанс ArcMap (рис. 1.2):

- натисніть кнопку **Додати дані (Add Data)**  на панелі інструментів **Стандартні (Standard)**;

- перейдіть в папку, де встановлені задані викладачем дані;

- двічі клацніть на базу геоданих **ca_ozone.gdb**, щоб відобразити її вміст;

- натисніть CTRL, виберіть набори даних **O3_Sep06_3pm** та **ca_outline**.

- клацніть **Додати (Add)**;

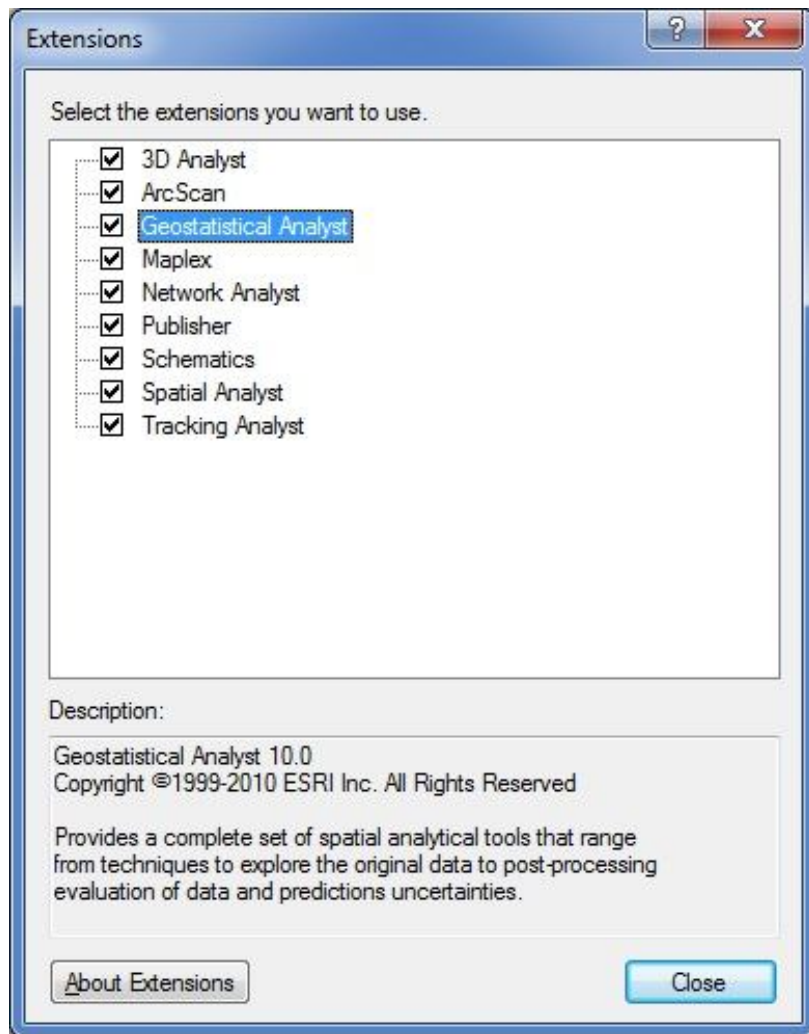


Рисунок 1.1 – Включення додаткового модулю ArcGIS
Geostatistical Analyst Extension

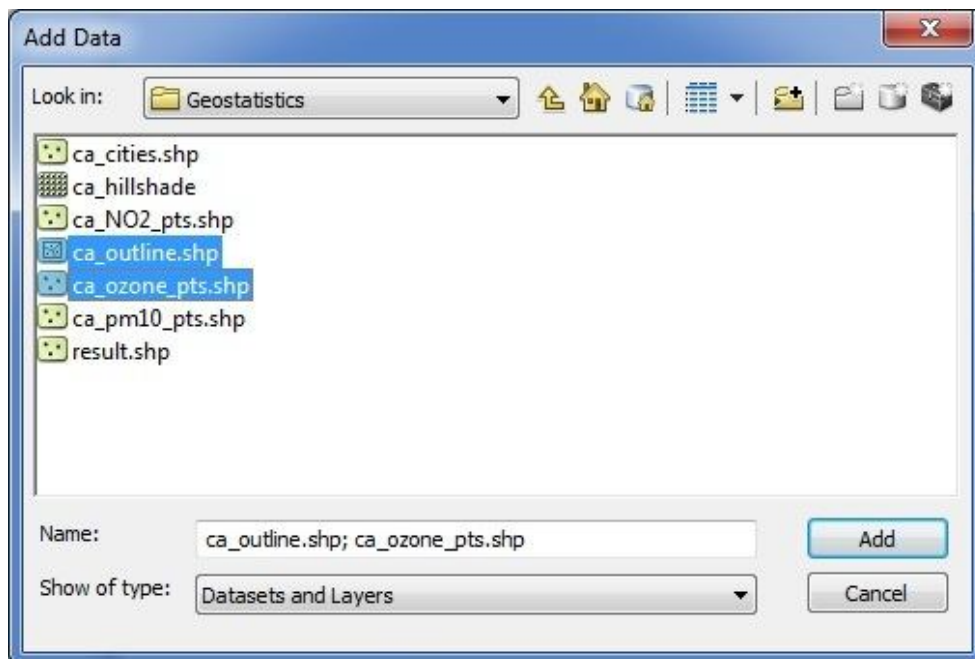


Рисунок 1.2 – Додавання даних в сеанс ArcMap

– правою кнопкою миші клацніть на легенді шару sa_outline (поле під ім'ям шару) в таблиці змісту та клацніть на **Без кольору (No Color)**, як показано на рисунку 1.3, буде відображатися тільки контур території, що дозволяє розглянути шари, які будуть створені під даним шаром;

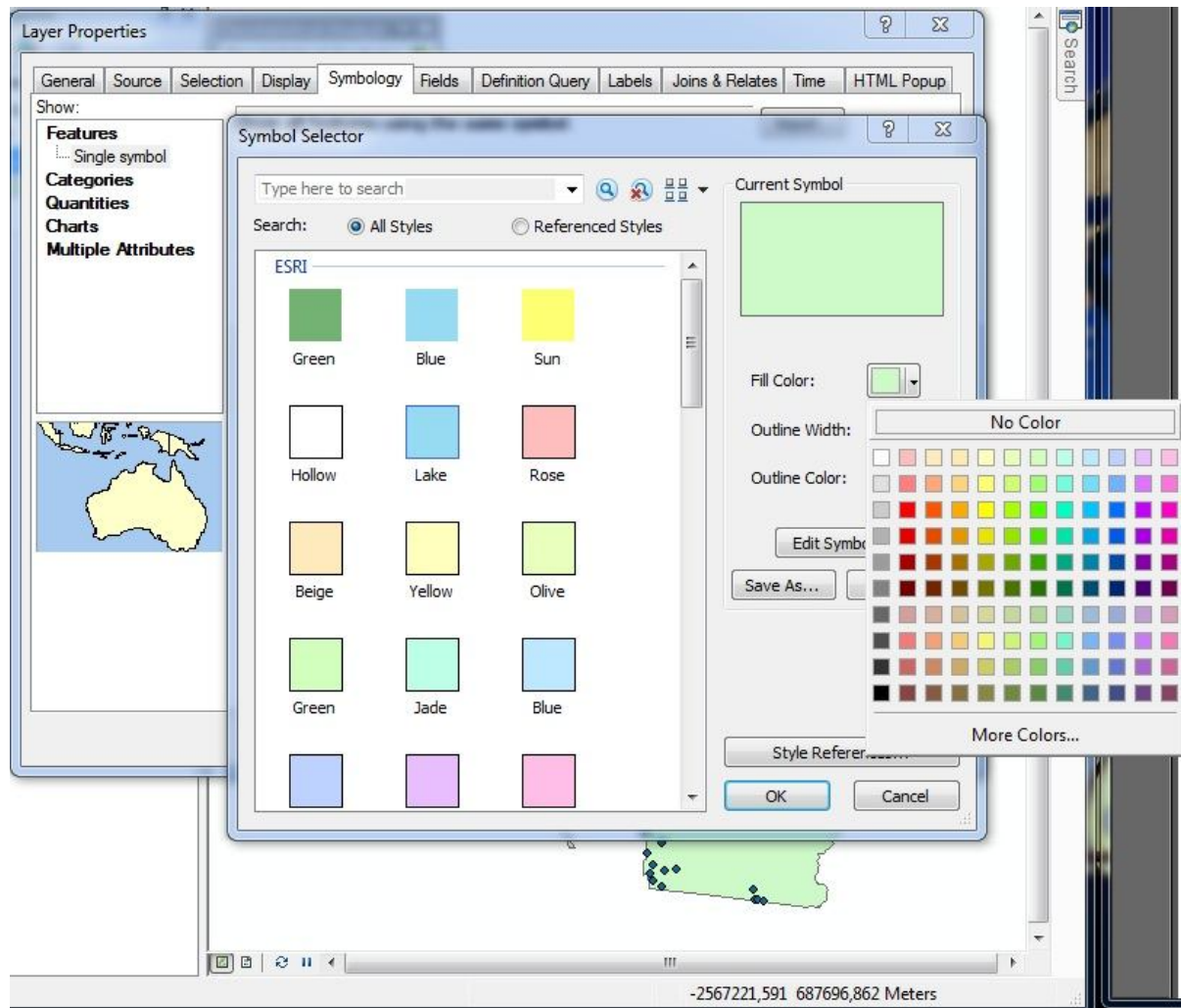


Рисунок 1.3 – Налаштування даних в Symbol Selector

- двічі клацніть на імені шару **O3_Sep06_3pm** в таблиці змісту;
- у діалоговому вікні **Властивості шару (Layer Properties)** перейдіть на закладку **Символи (Symbology)**;
- у полі **Показати (Show)** клацніть **Кількість (Quantities)** та клацніть на **Градуйовані кольори (Graduated colors)**;
- у розділі **Поля (Fields)** задайте для параметра **Значення (Value)** значення **OZONE**;
- виберіть чорно-білу кольорову шкалу, щоб точки виділялися на кольорових поверхнях, які будуть створені. Діалогове вікно символів матиме вигляд, як показано на рисунку 1.4;
- натисніть **OK**.

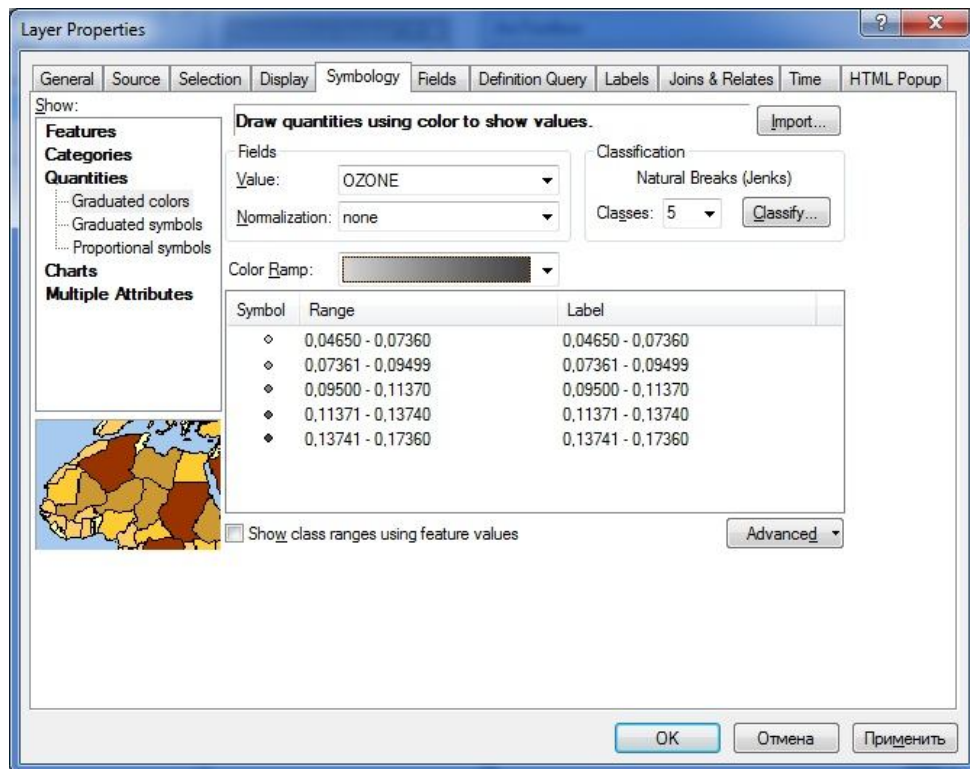


Рисунок 1.4 – Діалогове вікно символів

Нанесення даних на карту – це перший крок у процесі їх аналізу та отриманні більш глибокого уявлення про явище, що моделюється (рис. 1.5).

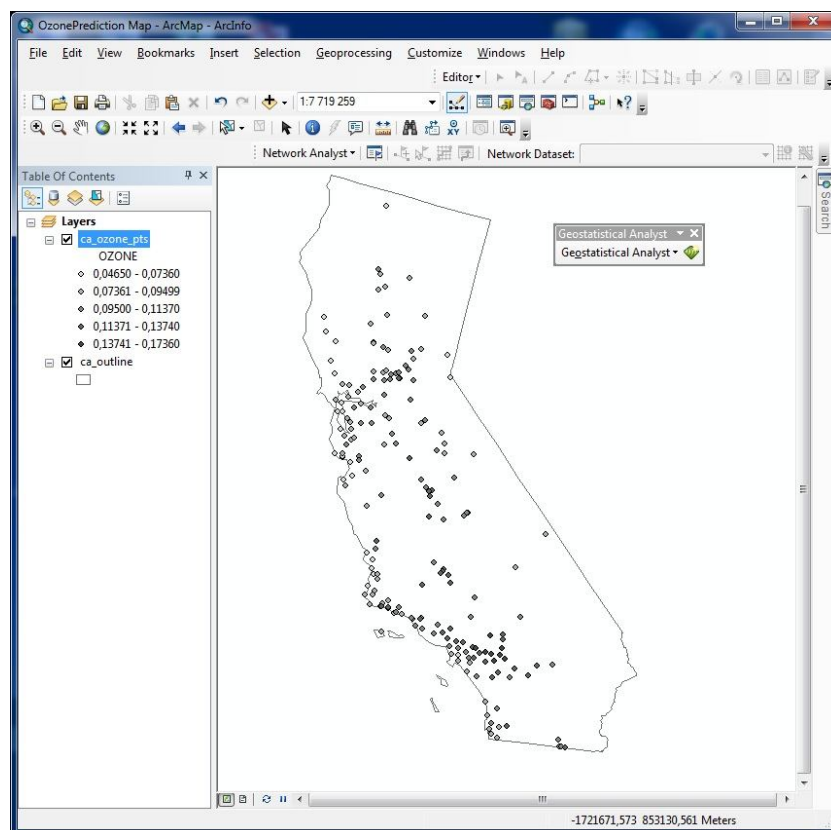


Рисунок 1.5 – Результат нанесення даних на карту

Крок 4. Збереження документа карти:

- у головному меню клацніть **Файл (File) > Зберегти (Save)**;
- перейдіть в свою робочу папку ;
- у текстовому полі **Ім'я файлу (File name)** введіть Ozone Prediction Map.mxd.
- натисніть **Зберегти (Save)**.

Під час першого збереження карти необхідно вказати її ім'я. Надалі, щоб зберегти документ ArcMap, просто клацніть на **Зберегти (Save)**.

Далі необхідно створити (інтерполювати) поверхню концентрації озону, використовуючи задані параметри в ArcGIS Geostatistical Analyst Extension.

Як вихідний набір даних буде використаний точковий набір даних по озону (O3_Sep06_3pm), а інтерполяція значень концентрації озону в точках, де значення невідомі, буде виконана методом звичайного крігінгу. Щоб взяти параметри за замовчуванням, у діалогових вікнах натискайте Далі (Next).

Не слід акцентувати увагу на деталях діалогових вікон, оскільки в подальшому буде можливість повернутися до кожного діалогового вікна.

Крок 5. Створення поверхні з використанням заданих параметрів:

- клацніть на стрілці ArcGIS Geostatistical Analyst Extension на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension та виберіть майстер **Geostatistical Wizard** (рис. 1.6), у головному меню клацніть **Файл (File) > Зберегти (Save)**;

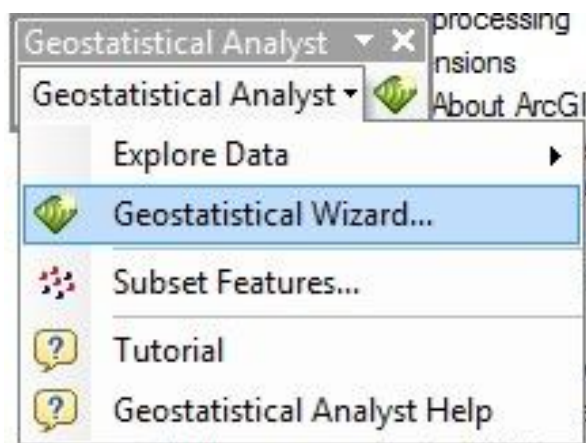


Рисунок 1.6 – Майстер Geostatistical Wizard

- клацніть на **Крігінг / Кокрігінг (Kriging / CoKriging)** у списку **Методи (Methods)**;
- клацніть на стрілці **Вихідний набір даних (Source Dataset)** (рис. 1.7) та клацніть на O3_Sep06_3pm;
- клацніть на стрілці **Поле даних (Data Field)** і виберіть атрибут **OZONE**;

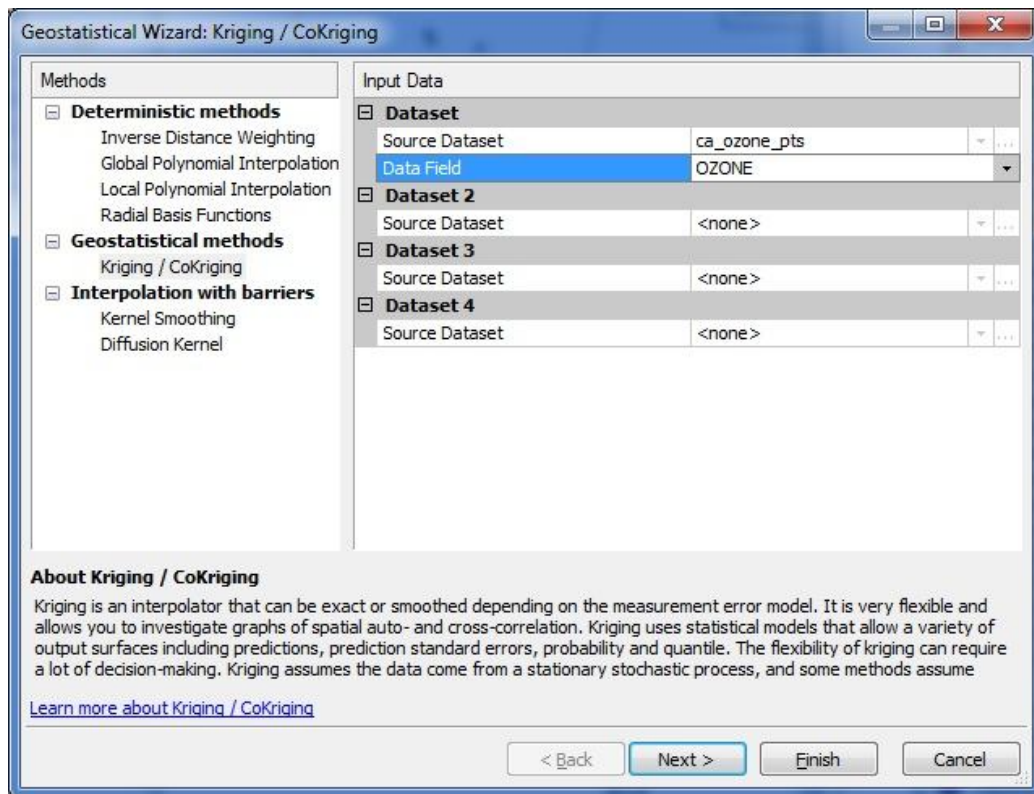


Рисунок 1.7 – Вихідний набір даних

- клацніть **Далі (Next)**;
- клацніть на **Ординарний крігінг (Ordinary Kriging)**, рисунок 1.8.

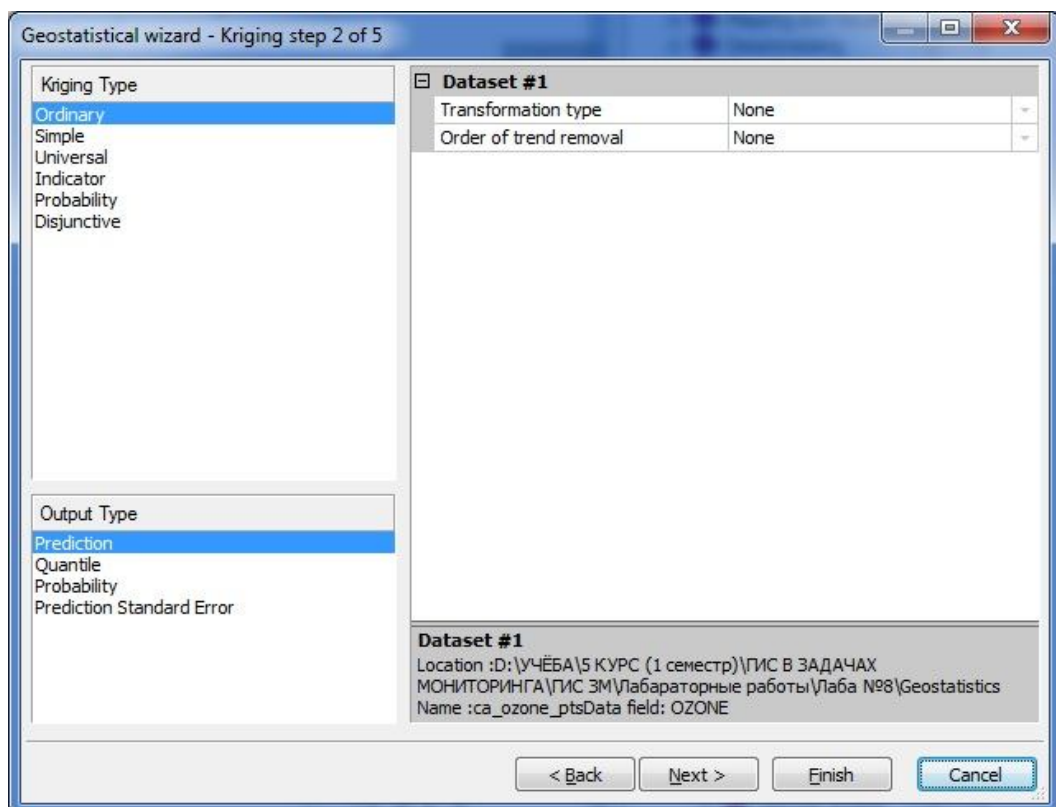


Рисунок 1.8 – Ординарний крігінг

Як тип вихідних даних обрана **Карта проінтерпольованих значень (Prediction Map)**.

Оскільки метод картографування поверхні концентрації озону обраний, можна натиснути **Готово (Finish)**, щоб створити поверхню з використанням параметрів за замовчуванням. Однак, далі будуть відкриватися інші діалогові вікна, у кожному кроці майстра розмір внутрішніх панелей можна змінити, перетягнувши роздільники між ними.

Зверніть увагу на поле в правому нижньому кутку майстра **Geostatistical Wizard**, яке містить короткий опис виділеного методу або параметра. На цьому кроці поле показує набір даних і поле, які будуть використовуватися для створення поверхні;

– клацніть **Далі (Next)**.

Відображається модель варіограми / ковариації, яка дозволяє вивчити просторові відношення між точками вимірювань. Можна припустити, що об'єкти, які знаходяться поблизу, більш схожі, ніж об'єкти, віддалені один від одного. Варіограма дозволяє перевірити це припущення (рис. 1.9).

Процес підбору моделі варіограми для визначення просторових відношень в даних називається *варіографією*;

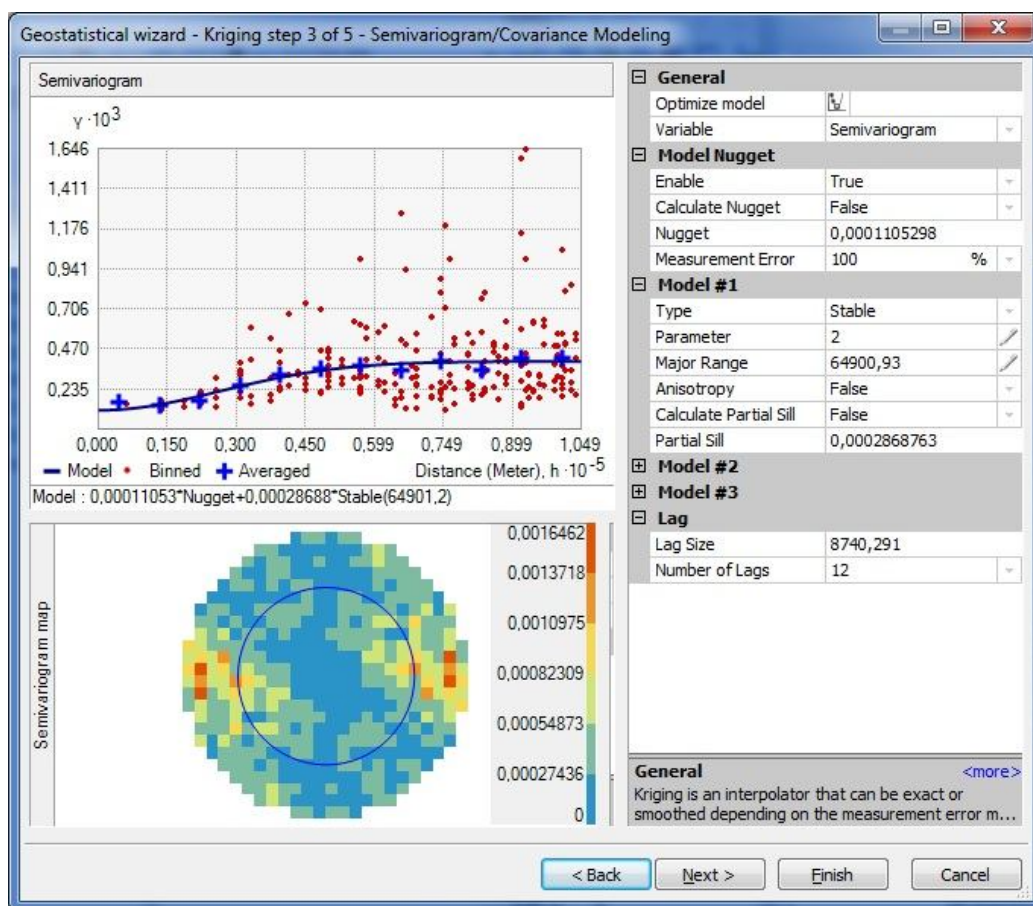


Рисунок 1.9 – Процес підбору моделі варіограми

– клацніть **Далі (Next)**.

Перехрестям відзначено місце розташування, яке не має виміряного значення. Для інтерполяції значення в цій точці можна використовувати значення в виміряних місцях. Відомо, що значення в найближчих виміряних місцях розташування найбільш схожі зі значенням в точці, де вимірювання не проводилися і яке потрібно проінтерполювати.

На рисунку 1.10 червоним точкам присвоюються більш високі ваги (вплив на невідоме значення) порівняно з зеленими точками, оскільки вони розташовані ближче до інтерпольованої точки. Використовуючи навколишні точки і підібрану раніше модель варіограми / ковариації, можна передбачити значення для місця розташування, де вимірювання не виконувалися;

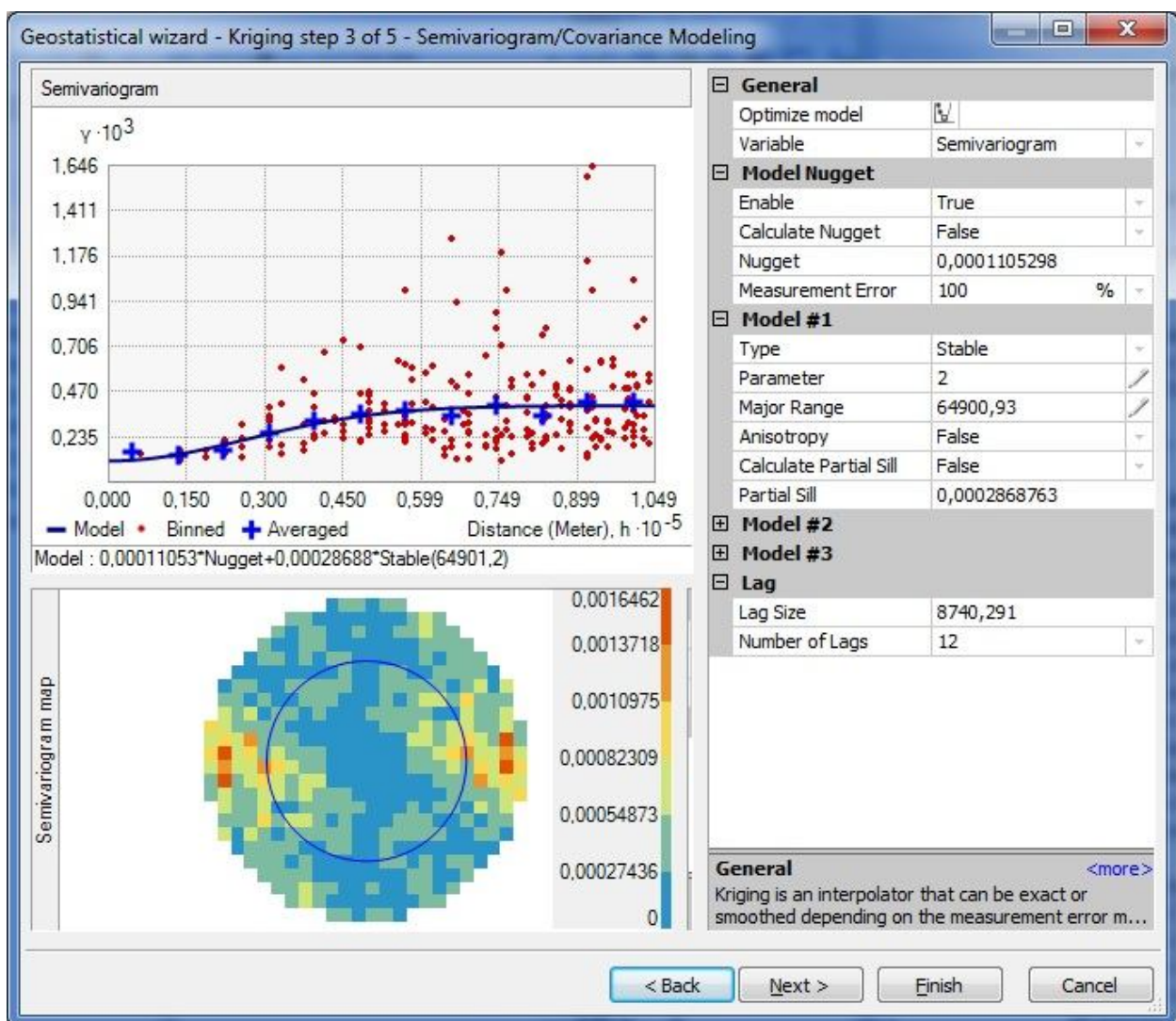


Рисунок 1.10 – Інтерполяція значень

– клацніть **Далі (Next)**.

Графік перехресної перевірки дозволяє оцінити, наскільки точно модель прогнозує значення в невідомих місцях розташування (рис. 1.11);

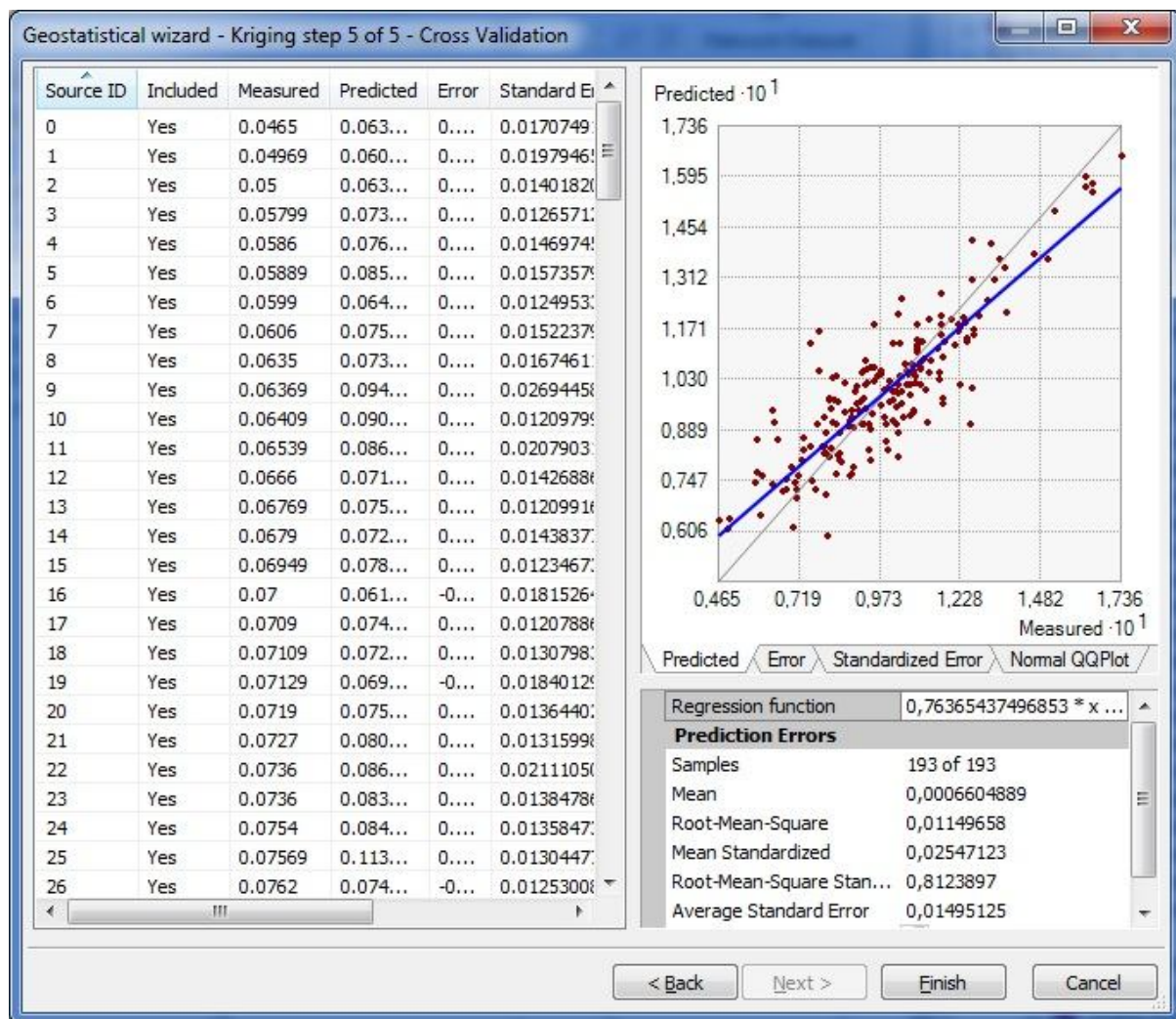


Рисунок 1.11 – Графік перехресної перевірки

– клацніть **Готово (Finish)**.

Діалогове вікно **Звіт методу (Method Report)** містить зведену інформацію про метод (та пов'язаних з ним параметрах), який буде використовуватися для створення вихідної поверхні (рис. 1.12);

– натисніть **ОК**.

Карта проінтерпольованих значень концентрацій озону додається у вигляді верхнього шару в таблицю змісту;

– двічі клацніть на шарі в таблиці змісту, щоб відкрити діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**;

– перейдіть на закладку **Загальні (General)** та змініть ім'я шару на Крігінг за замовчуванням (**Default Kriging**), а потім клацніть на **ОК** (рис. 1.13);

– клацніть кнопку **Зберегти**, на панелі інструментів **Стандартні (Standard)**, щоб зберегти результати роботи. Зверніть увагу, що інтерполяція триває в область океану, оскільки екстент шару аналогічний екстену вихідних даних (O3_Sep06_3pm);

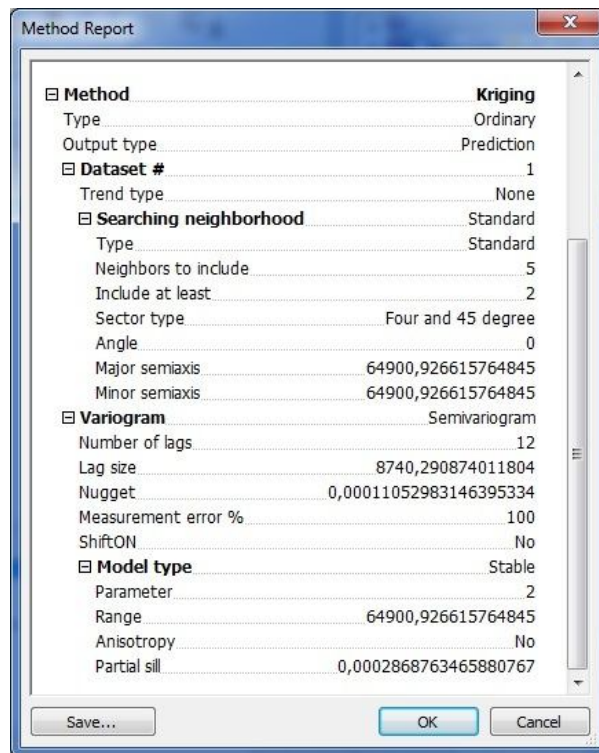


Рисунок 1.12 – Діалогове вікно Звіт методу

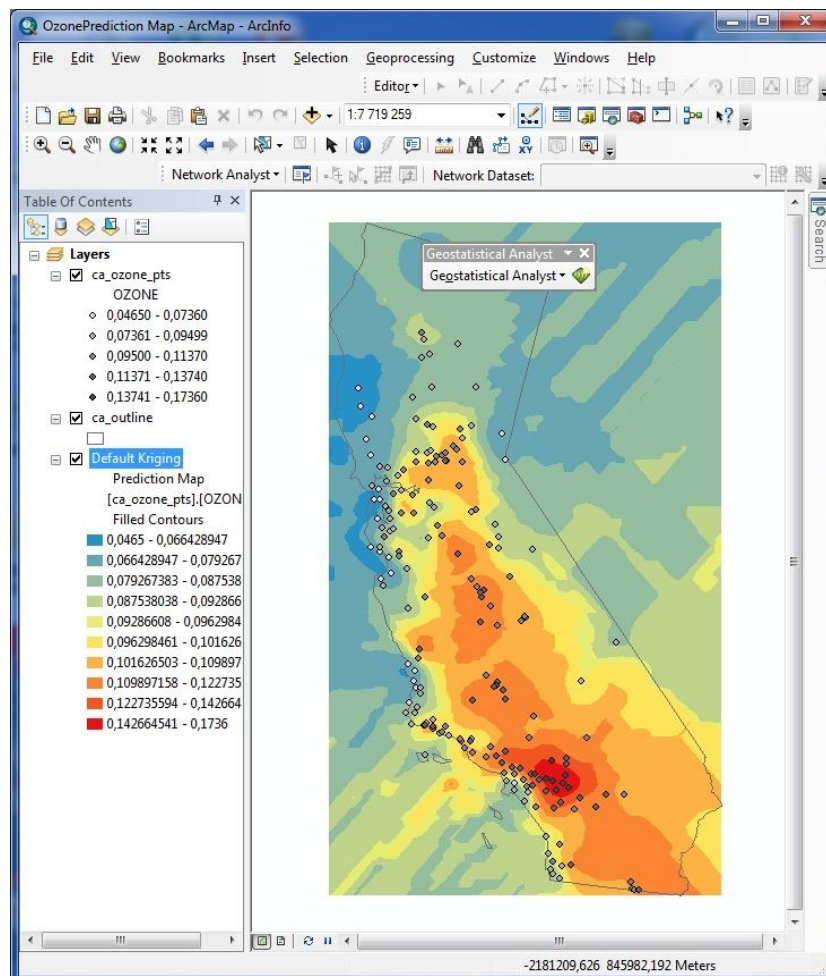


Рисунок 1.13 – Результат проведеної роботи

– щоб обмежити інтерпольовану поверхню заданою територією, правою кнопкою миші клацніть на шарі **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)** та клацніть на **Властивості (Properties)**;

– перейдіть на закладку **Екстент**;

– у списку **Встановити екстент рівним (Set the extent to)** клацніть на прямокутний екстент **ca_outline** (the rectangular extent of ca_outline) та клацніть на **ОК**, проінтерпольована область розширюється, охоплюючи всю територію;

– правою кнопкою миші клацніть на фреймі даних **Шари (Layers)** у таблиці змісту, клацніть на **Властивості (Properties)**, а потім перейдіть на закладку **Фрейм даних (Data Frame)**;

– клацніть на стрілці **Опції вирізання (Clip Options)**, оберіть **Вирізання за формою (Clip to shape)**, а потім клацніть на **Задати форму (Specify Shape)**;

– у діалоговому вікні **Вирізання фрейма даних (Data Frame Clipping)** клацніть на **Контур об'єктів (Outline of Features)**, клацніть на стрілці **Шар (Layer)** та клацніть на **ca_outline**;

– натисніть **ОК**, потім знову **ОК**.

Поверхня проінтерпольованих значень буде вирізана таким чином, що дані за межами території не відображаються, але всі області в межах території охоплені, як показано на рисунку 1.14;

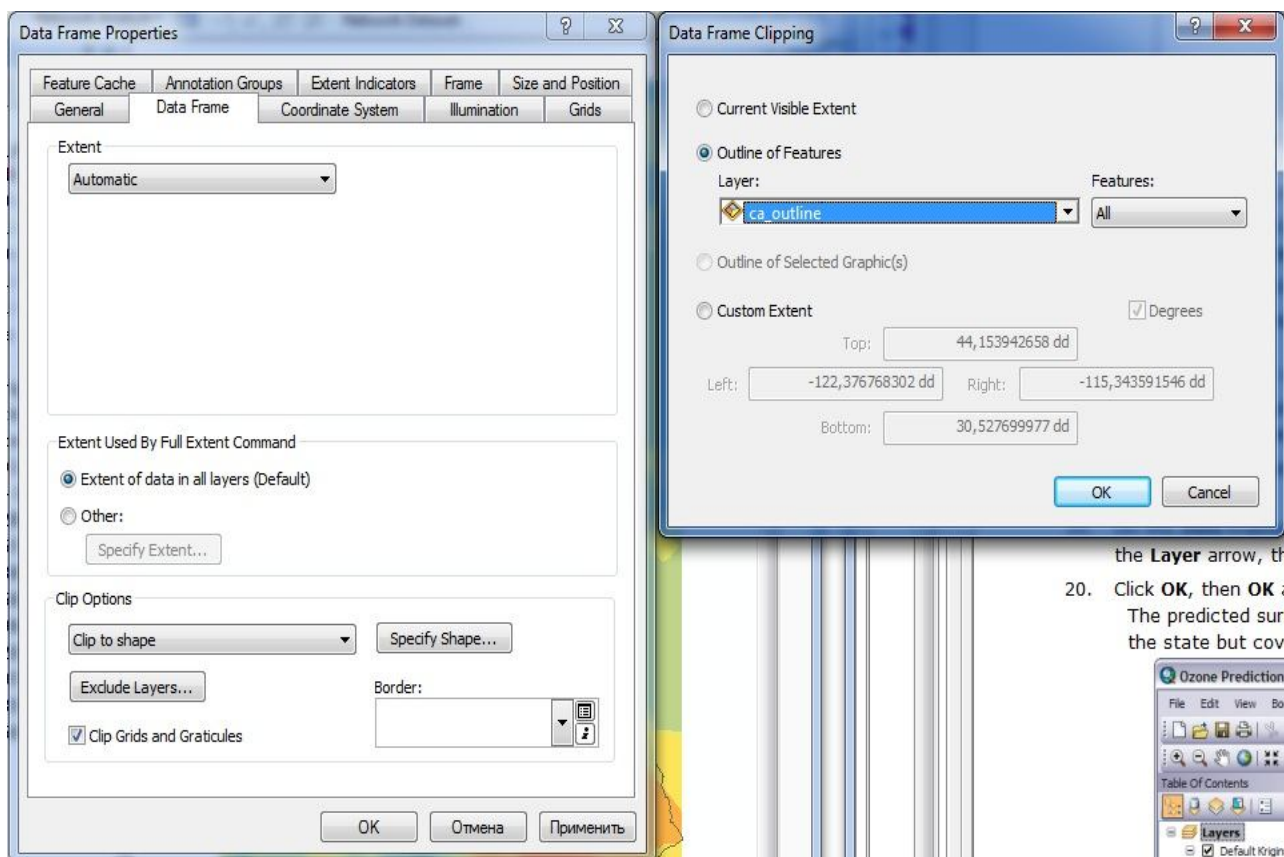


Рисунок 1.14 – Поверхня проінтерпольованих значень

– перетягніть шар O3_Sep06_3pm у верхній рядок таблиці змісту.

Візуально оцініть, наскільки точно шар **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)** відображає виміряні значення концентрації озону.

У цілому високі проінтерпольовані значення концентрацій озону спостерігаються в тих же областях, де такі високі значення були отримані за допомогою вимірів?

– клацніть правою кнопкою миші на шарі **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)** у таблиці змісту і клацніть на **Перевірка / Інтерполяція (Validation / Prediction)** (рис. 1.15).

Відкриється інструмент геообробки Шар GA в точки (GA Layer To Points), де шар **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)** буде заданий як вихідний геостатистичний шар (рис. 1.16);

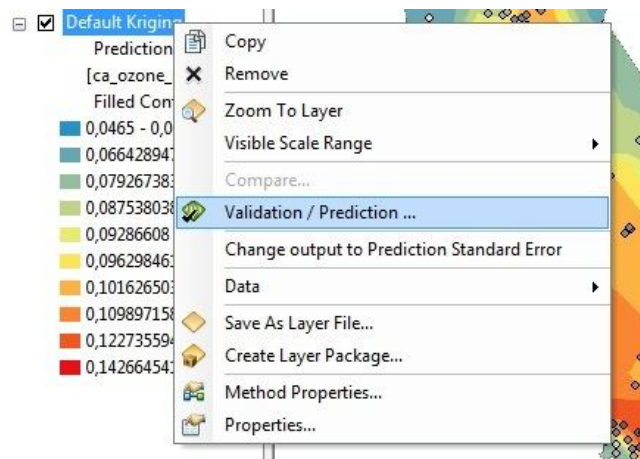


Рисунок 1.15 – Перевірка / Інтерполяція даних

– для параметра **Вхідний геостатистичний шар (Input geostatistical layer)** має бути автоматично встановлено значення **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)**.

Для заповнення параметра **Місця розташування точок спостереження (Point observation locations)** перейдіть в базу геоданих, що містить набір даних **ca_cities**. Залиште параметр **Поле перевірки (Field to validate on)** порожнім, оскільки потрібно тільки проінтерполювати концентрацію озону для великих міст, не зіставляючи прогностні значення з виміряними.

Для заповнення параметра **Вихідна статистика для точкового місця розташування (Output statistics at point locations)** перейдіть в папку, створену для вихідних даних, та назвіть вихідний файл **CA_cities_ozone.shp**.

Залиште опцію **Приєднувати всі поля з вихідних об'єктів (Append all fields from input features)** встановленою, щоб назви міст відображалися у вихідному класі об'єктів.

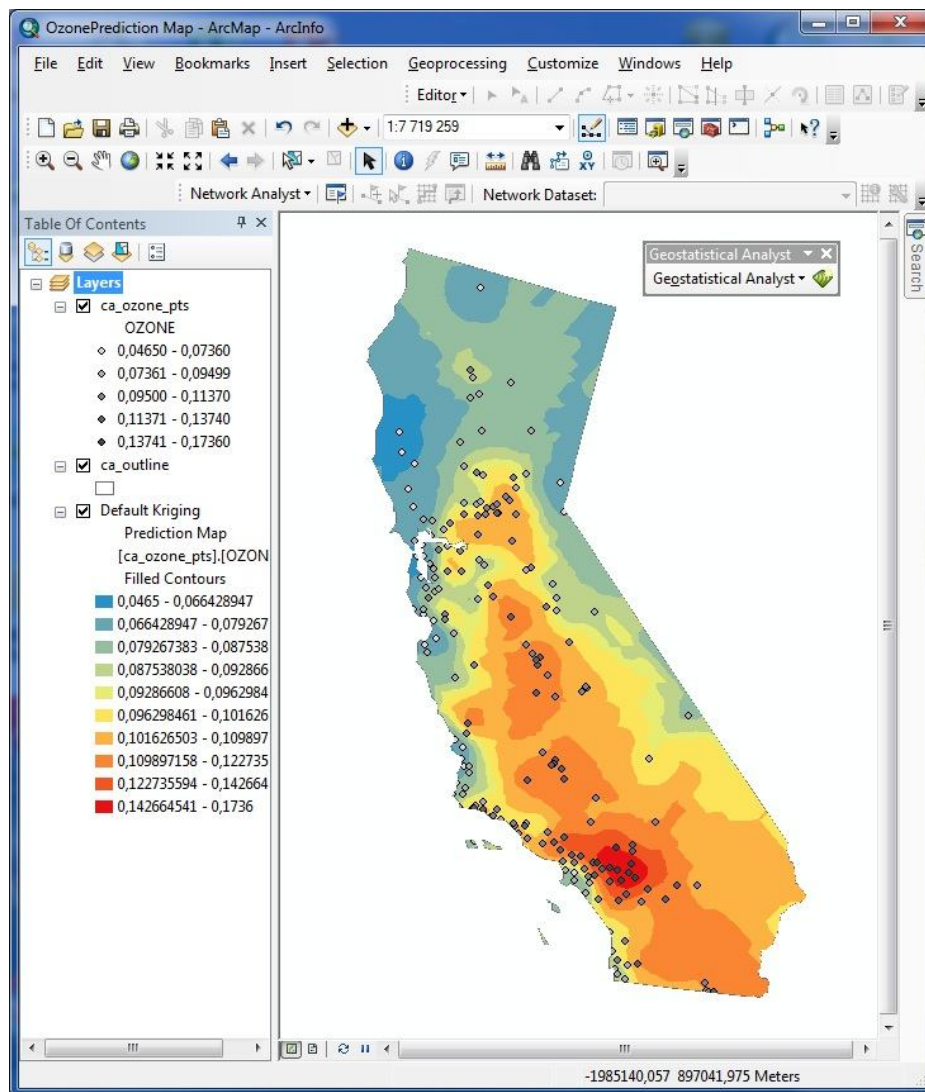


Рисунок 1.16 – Вихідний геостатистичний шар

Діалогове вікно інструменту геообробки Шар GA в точки (GA Layer To Points) має вигляд, який показано на рисунку 1.17;

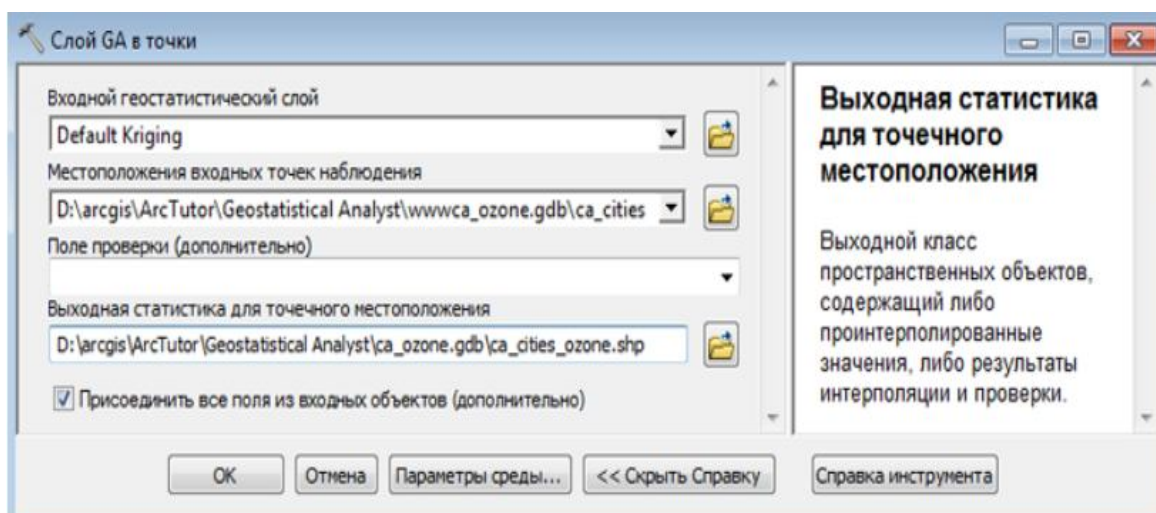


Рисунок 1.17 – Діалогове вікно інструменту геообробки Шар GA в точки

– клацніть **ОК**, щоб запустити інструмент.

За замовчуванням геообробка виконується у фоновому режимі, тому буде відображатися тільки хід роботи інструменту в рядку стану ArcMap (внизу вікна ArcMap);

– після запуску інструменту клацніть на **Додати дані (Add Data)**  на панелі інструментів **Стандартні (Standard)**;

– перейдіть до розташування даних, виберіть файл CA_ozone_cities.shp і клацніть на **Додати (Add)**. На карту буде додано шар точок спостереження;

– клацніть правою кнопкою миші на шарі CA_cities_ozone і клацніть на **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.

Зверніть увагу, що тепер кожному місту відповідає проінтерпольоване значення концентрації озону (рис. 1.18), а також значення стандартної помилки (яке показує рівень невизначеності, пов'язаної з інтерполяцією концентрації озону для кожного міста);

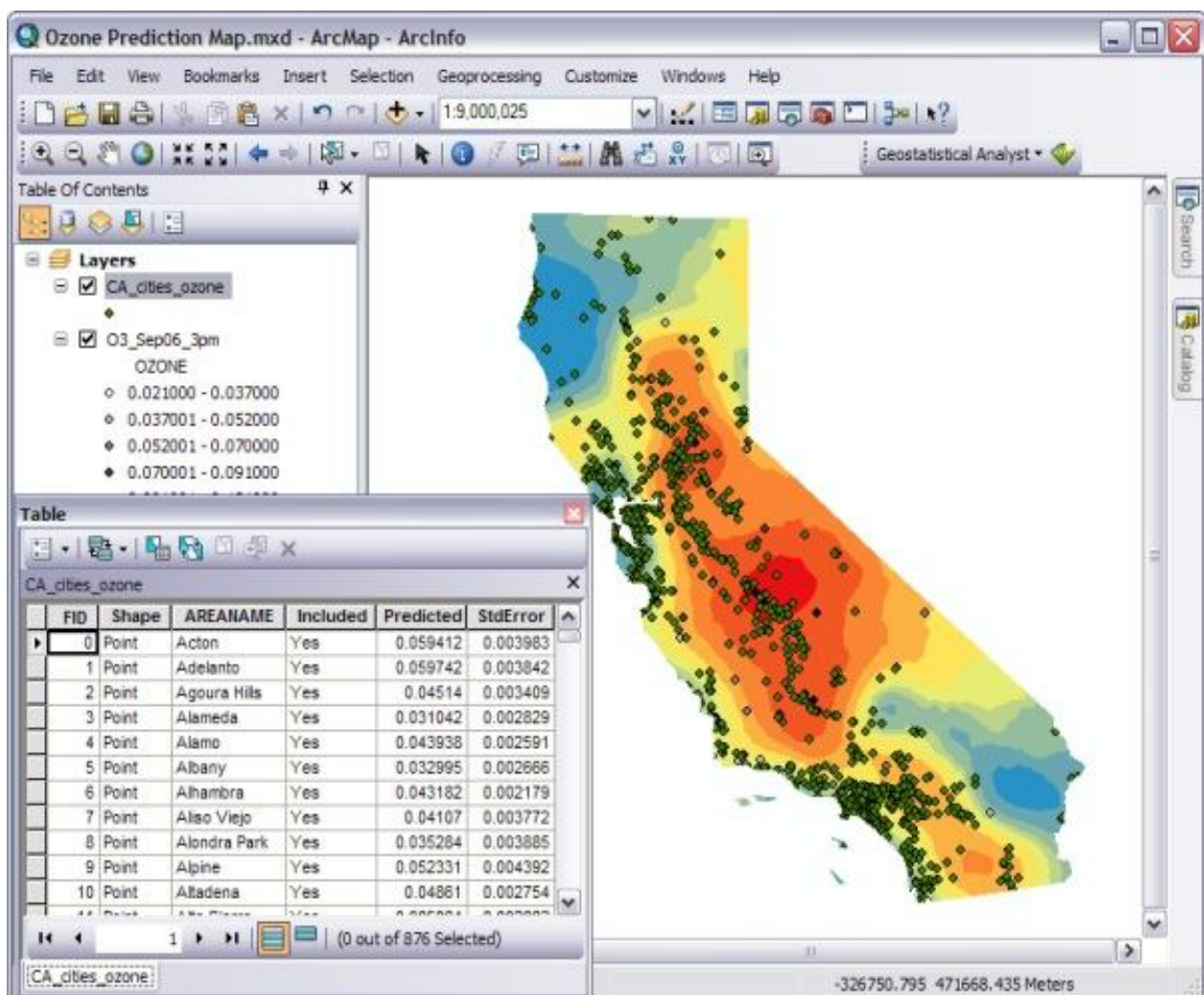


Рисунок 1.18 – Результат створення поверхні
з використанням заданих параметрів

- закрийте вікно **Таблиця (Table)**;
- правою кнопкою миші клацніть на шар **CA_cities_ozone** та виберіть команду **Видалити**, щоб видалити шар з проекту;
- збережіть документ ArcMap.

Методологія підбору поверхні

За допомогою п'яти кроків було створено карту концентрації озону з використанням параметрів за замовчуванням, встановлених в майстрі Geostatistical Wizard, важливо дотримуватися структурованій процедури, яка показана на рисунку 1.19 (подання даних, дослідження даних, налаштування моделі, виконання діагностики, порівняння моделей).

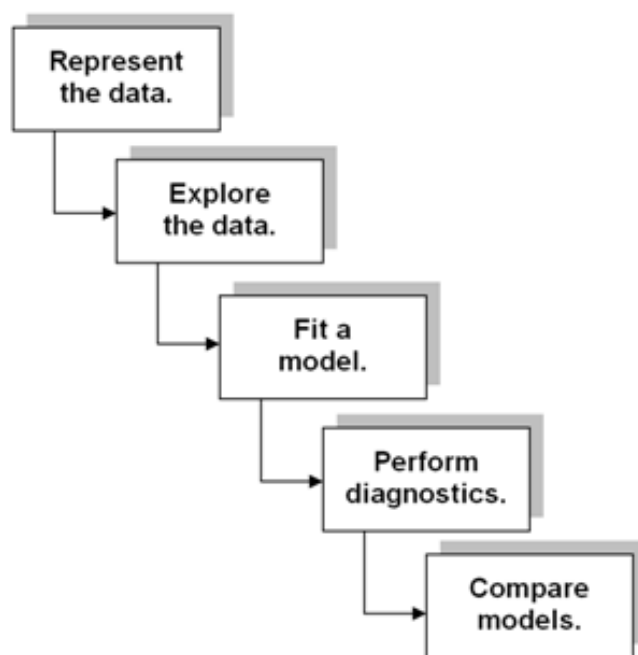


Рисунок 1.19 – Структурована процедура створення поверхні з використанням заданих параметрів

Можна попрактикуватися у виконанні цієї структурованої процедури на подальших практичних роботах. У подальшому буде створено поверхню, яка показує ймовірність того, що концентрація озону перевищить задане граничне значення. Зверніть увагу, що вже виконано перший крок цієї процедури, подання (відображення) даних, у рамках першої практичної роботи, у рамках другої практичної роботи буде проведено аналіз даних.

У рамках даної практичної роботи проведено роботу з майстром Geostatistical Wizard та засвоєно процес створення моделі інтерполяції, у подальшому результати цієї процедури будуть покращені шляхом видалення з даних максимального обсягу релевантної інформації для створення оптимальної моделі.

1.2 Дослідження статистичних даних забруднення атмосфери

Мета роботи: використовуючи інструменти ESDA для дослідження даних та збору інформації, створити оптимальну модель інтерполяції.

Порядок виконання роботи

Перш ніж приступити до цього завдання, необхідно виконати завдання щодо створення поверхні з використанням заданих параметрів.

У цьому завданні буде проведено дослідження даних, як зазначається у структурованій процедурі (рис. 1.19), щоб приймати правильні рішення під час створення моделі, спочатку потрібно проаналізувати та глибоко осмислити набір даних. Вивчаючи дані, перевірте, чи немає очевидних помилок у значеннях, які можуть істотно вплинути на заключну інтерпольовану поверхню, проаналізуйте розподіл даних, шукайте глобальні тренди і т.д.

ArcGIS Geostatistical Analyst Extension містить множину інструментів дослідження даних.

У цьому завданні буде проведено дослідження даних трьома способами:

- перевірка розподілу даних;
- виявлення трендів у даних;
- визначення просторової автокореляції та впливів напрямку.

Методи інтерполяції, що застосовуються для створення поверхні, дають найкращі результати, якщо дані розподілені по нормальному закону. У разі асиметричного розподілу даних можна провести їх нормування. Таким чином, важливо знати розподіл даних до створення поверхні.

Інструмент **Гістограма (Histogram)** будує частотні гістограми для атрибутів у наборі даних, дозволяючи проаналізувати одномірний (для однієї змінної) розподіл для кожного атрибута в наборі. Проаналізуйте розподіл концентрацій озону для шару O3_Sep06_3pm.

Крок 1. Аналіз розподілу даних за допомогою інструменту **Гістограма (Histogram)**:

- запустіть ArcMap та відкрийте Ozone Prediction Map.mxd;
- клацніть на шарі sa_outline іта перетягніть його під шар O3_Sep06_3pm у таблиці змісту (рис. 1.20);
- клацніть на шарі O3_Sep06_3pm, щоб вибрати його;
- на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension клацніть на **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension > Дослідити дані (Explore Data) > Гістограма (Histogram)**, як показано на рисунку 1.21;

Table Of Contents

- Layers
 - ☒ O3_Sep06_3pm
 - OZONE
 - 0.021000 - 0.037000
 - 0.037001 - 0.052000
 - 0.052001 - 0.070000
 - 0.070001 - 0.091000
 - 0.091001 - 0.121000
 - ☒ ca_outline
 - ☒ Default Kriging
 - Prediction Map
 - [O3_Sep06_3pm].[OZONE]
 - Filled Contours
 - 0.021 - 0.030419714
 - 0.030419714 - 0.037399296
 - 0.037399296 - 0.04257085
 - 0.04257085 - 0.046402737
 - 0.046402737 - 0.051574291
 - 0.051574291 - 0.058553873
 - 0.058553873 - 0.067973587
 - 0.067973587 - 0.080686528
 - 0.080686528 - 0.097844044
 - 0.097844044 - 0.121

Рисунок 1.20 – Приклад таблиці змісту

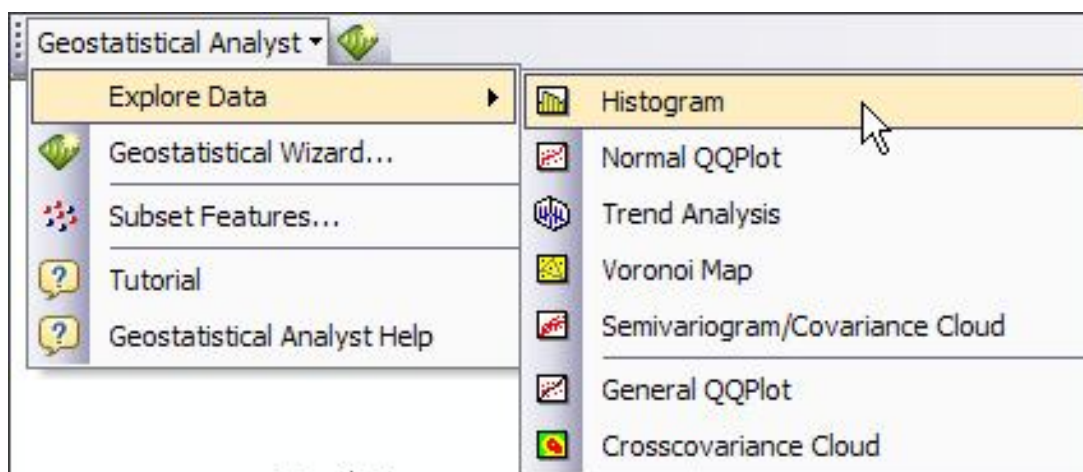


Рисунок 1.21 – Гістограма (Histogram) в меню Дослідити дані (Explore Data)

– у діалоговому вікні **Гістограма (Histogram)** клацніть на стрічці **Атрибут (Attribute)** і виберіть **OZONE** (рис. 1.22).

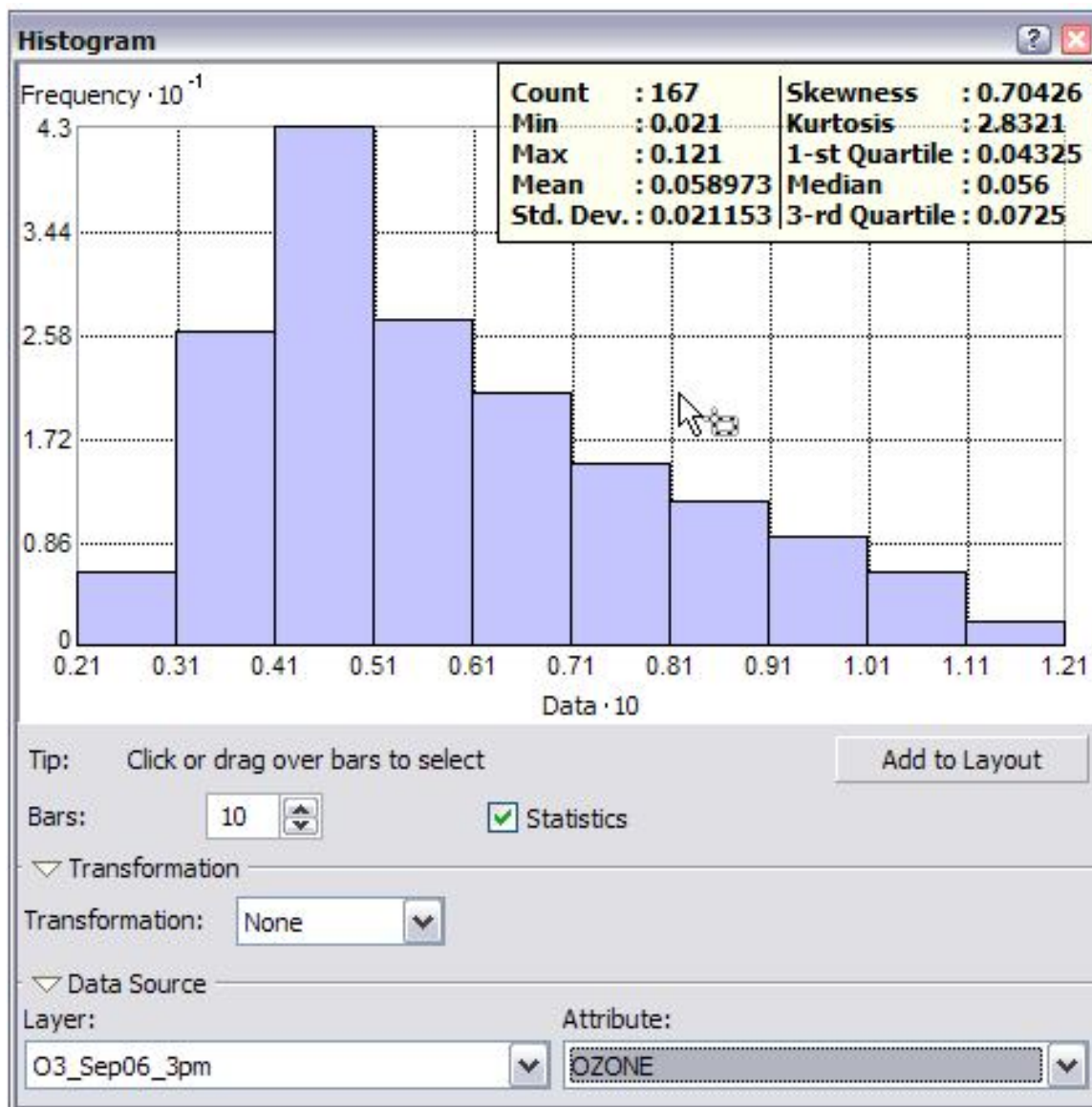


Рисунок 1.22 – Гістограма (Histogram)

Значення по осі x перемасштабовані з коефіцієнтом 10, щоб їх було легше читати. Можна змінити розмір діалогового вікна **Гістограма (Histogram)** та перемістити його, щоб було видно карту, як показано на рисунку 1.23.

Розподіл значень концентрації озону нанесено на гістограму у вигляді діапазону, розділеного на 10 класів. Частота даних у кожному класі подана висотою кожного стовпця. У загальному випадку важливими характеристиками розподілу є його центральне значення, діапазон та симетрія.

Можна провести швидку перевірку: якщо середнє значення та медіана приблизно рівні, то це аргумент на користь того, що дані можуть бути розподілені по нормальному закону.

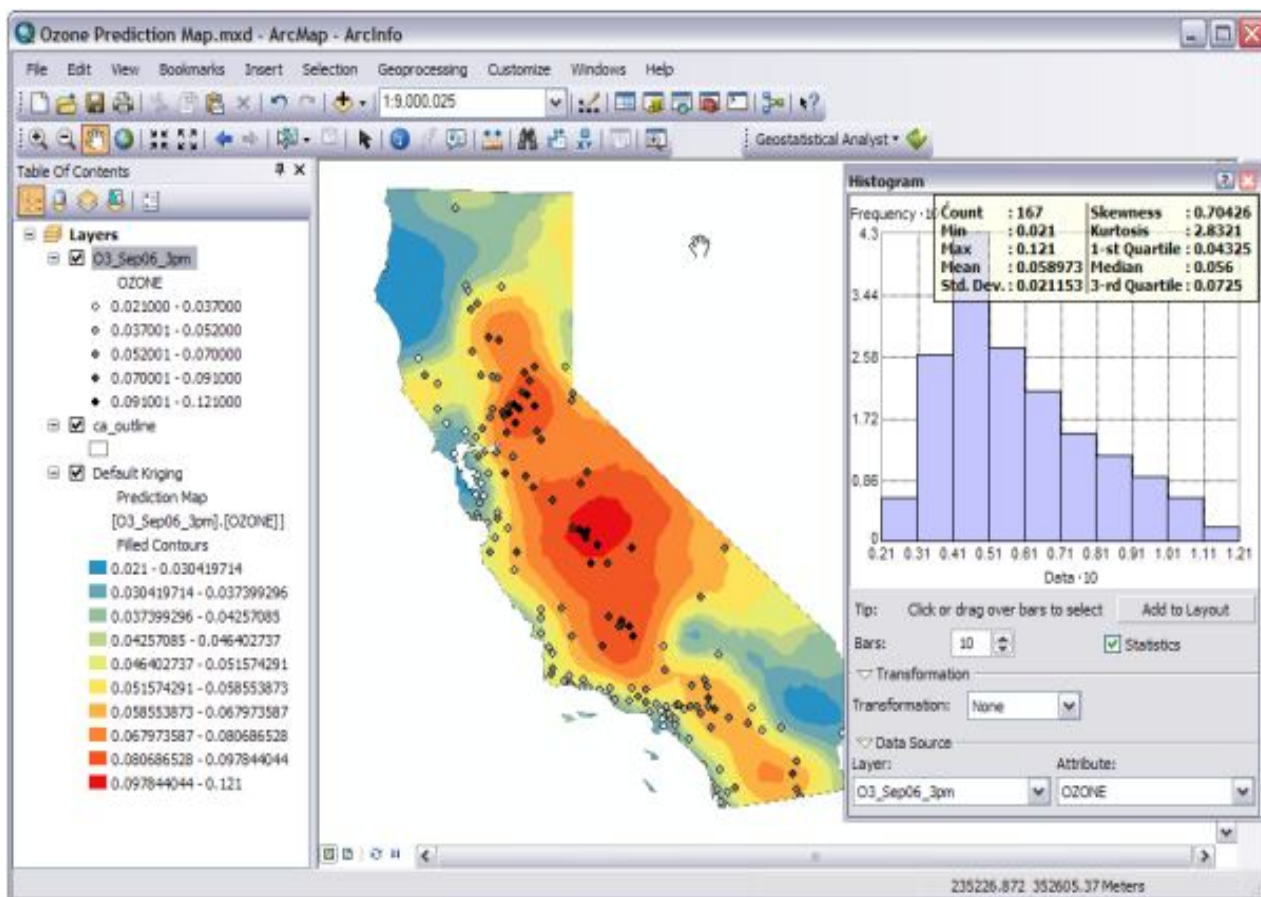


Рисунок 1.23 – Відображення гістограми

Гістограма даних по озону говорить про те, що розподіл даних є одновершинним (з однією опуклістю) та зміщений вправо. Правий хвіст розподілу показує відносно малу кількість точок вибірки з великими значеннями концентрації озону. Схоже, що розподіл даних не прагне до нормального закону;

– виберіть два стовпця гістограми зі значеннями концентрації озону вище 0,10 проміле (значення були перемасштабовані з коефіцієнтом 10), клацнувши на кнопку миші і протягнувши курсор по цих стовпцях.

Опорні точки в даному діапазоні будуть виділені на карті. Зверніть увагу, що більшість цих точок вибірки розташована у долині (рис. 1.24);

– клацніть на кнопці **Очистити вибрані об'єкти (Clear Selected Features)** на панелі **Інструменти (Tools)**, щоб очистити вибрані точки на карті та гістограмі;

– клацніть на кнопці **Закрити (Close)** у верхньому кутку діалогового вікна **Гістограма (Histogram)**.

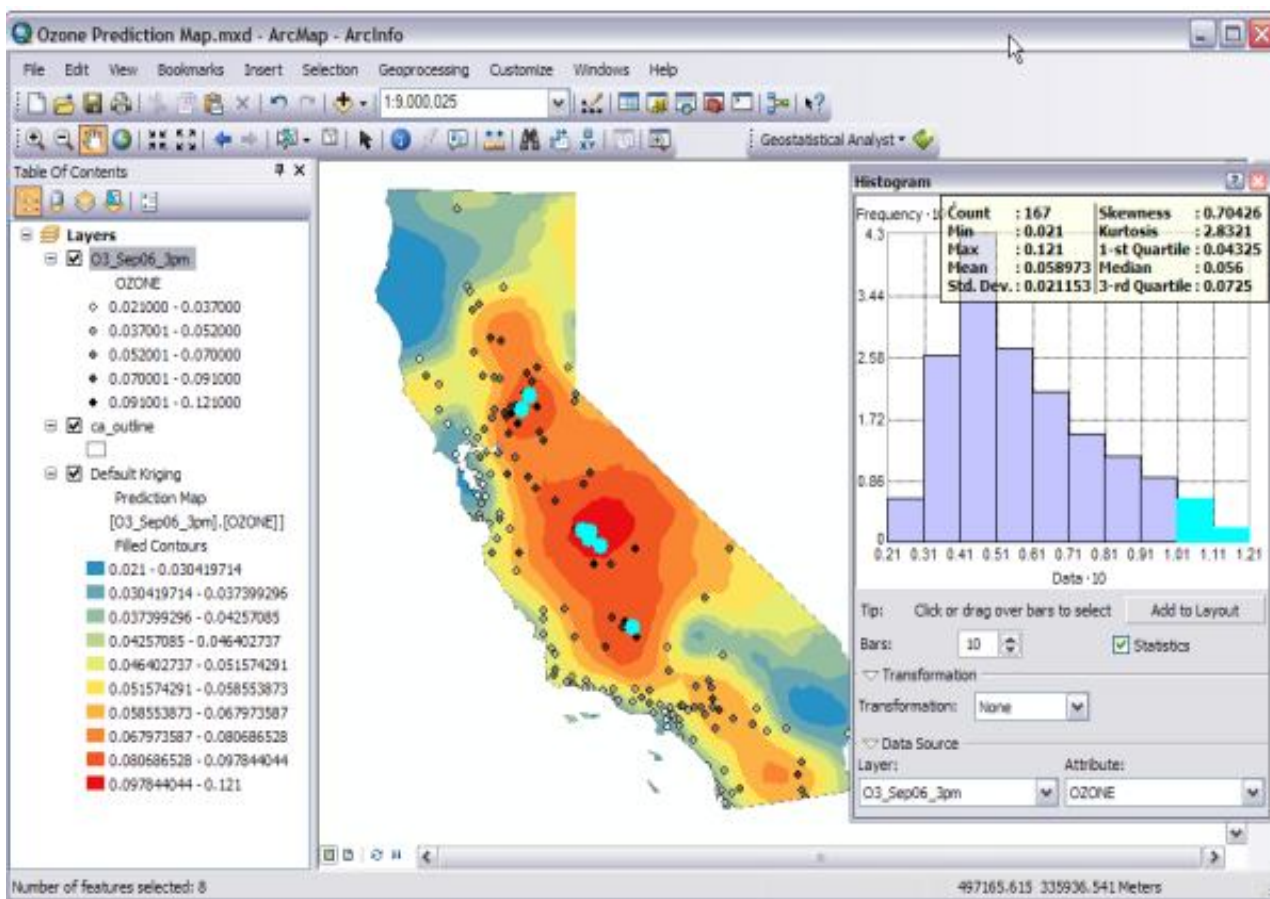


Рисунок 1.24 – Гістограма та карта з вибраними точками

Графік «квантиль-квантиль» (КК) використовується для порівняння розподілу даних зі стандартним нормальним розподілом, надаючи ще один спосіб оцінити відповідність даних нормальному закону. Чим ближче точки до прямої лінії на графіку (розташовані під кутом 45 градусів), тим ближче розподіл опорних даних до нормального закону.

Крок 2. Створення нормального графіка «квантиль-квантиль»:

– на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension клацніть на **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension > Дослідити дані (Explore Data) > Нормальний графік КК (Normal QQPlot)** (рис. 1.25);

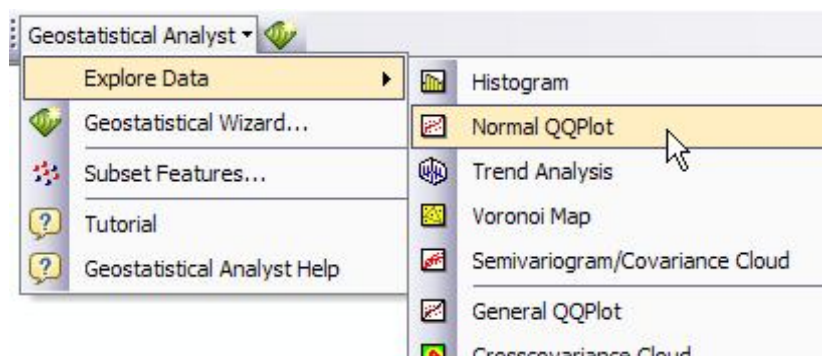


Рисунок 1.25 – Нормальний графік «квантиль-квантиль» в меню Дослідити дані

– клацніть на стрілці **Атрибут (Attribute)** та виберіть **OZONE** (рис. 1.26).

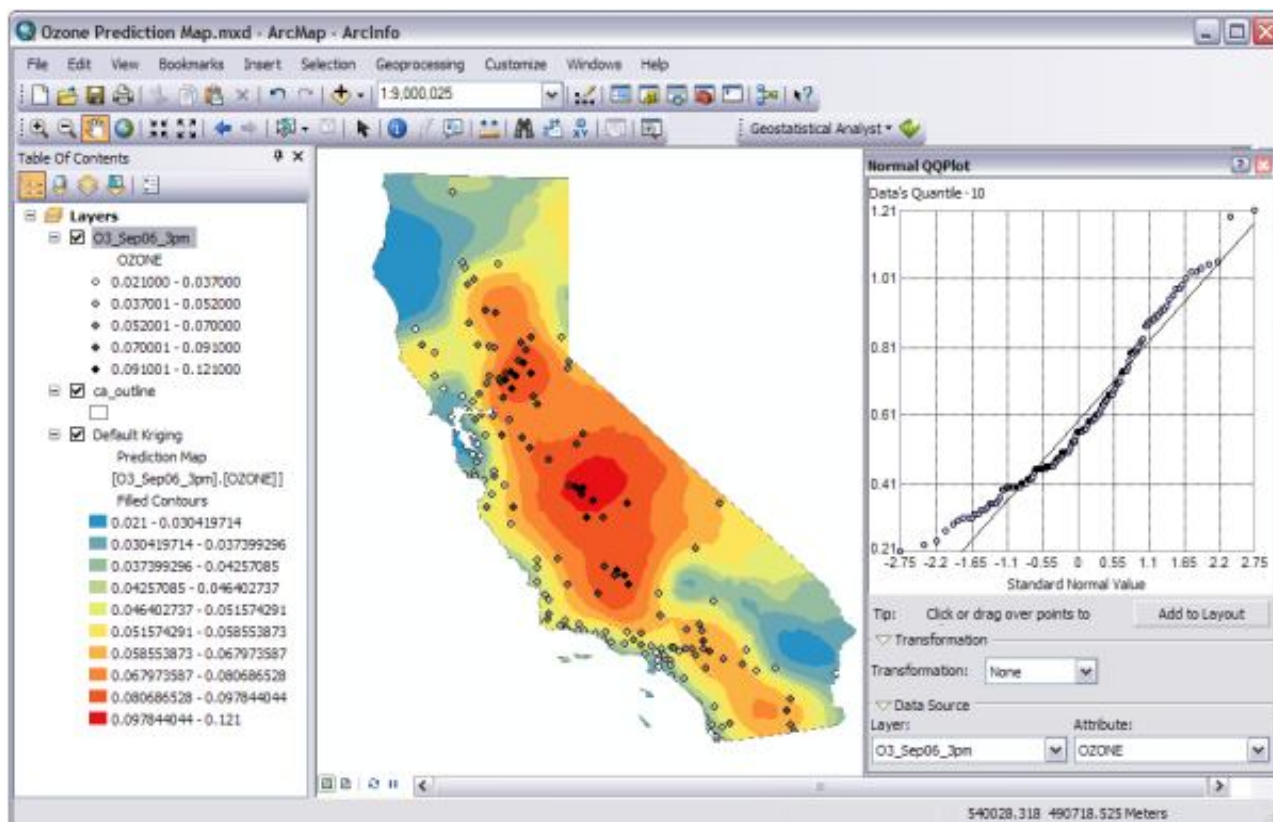


Рисунок 1.26 – Відображення нормального графіка «квантиль-квантиль»

У загальному випадку графік «квантиль-квантиль» – це графік, на якому зіставляються квантілі з двох розподілів. Для двох ідентичних розподілів графік КК буде прямою лінією. Таким чином, можна перевірити відповідність розподілу даних по озону нормальному закону шляхом нанесення на графік квантилів цих даних у зіставленні з квантиями стандартного нормального розподілу.

Наведений вище нормальний графік КК (рис. 1.26) не прагне до прямої лінії. Основне відхилення від цієї лінії спостерігається при низьких значеннях концентрації озону (виділені зеленим кольором на рисунку 1.26 та обрані шляхом натискання кнопки миші і розтягування над ними прямокутника).

Якщо на гістограмі або нормальному графіку КК видно, що дані не розподілені по нормальному закону, то, можливо, необхідно перетворити дані, щоб привести їх у відповідність з нормальним розподілом і лише потім використовувати певні методи інтерполяції на основі крігінга;

– клацніть на **Закрити (Close)** у верхньому кутку діалогового вікна **Нормальний графік КК (Normal QQPlot)**.

Якщо в даних присутній тренд, це не випадковий (детермінований) компонент поверхні, який можна виразити математичною формулою. Наприклад, пологий схил пагорба можна представити площиною, долину можна уявити більш складною формулою (поліномом другого порядку), яка визначає U-подібну форму. Така формула створить потрібне подання поверхні.

Однак, часто поверхня, яка визначається формулою, виходить занадто згладженою, щоб точно відображати явище, оскільки схил пагорба не є ідеальною площиною, а будь-яка долина не має ідеальну U-подібну форму.

У поверхню можна внести локальну зміну, змодельовавши тренд з використанням однієї з цих функцій згладжування, потім видаливши тренд з даних та продовживши аналіз, моделюючи залишки – елементи, що залишилися після видалення тренда. Під час моделювання залишків проводиться аналіз варіації поверхні ближньої дії (локальних змін).

Інструмент **Аналіз тренда (Trend Analysis)** дозволяє визначити наявність або відсутність трендів у вихідному наборі даних та порядок полінома, який найбільш точно виражає тренд.

Крок 3. Виявлення глобальних трендів у даних:

– на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension клацніть на **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension > Дослідити дані (Explore Data) > Аналіз тренда (Trend Analysis)** (рис. 1.27);

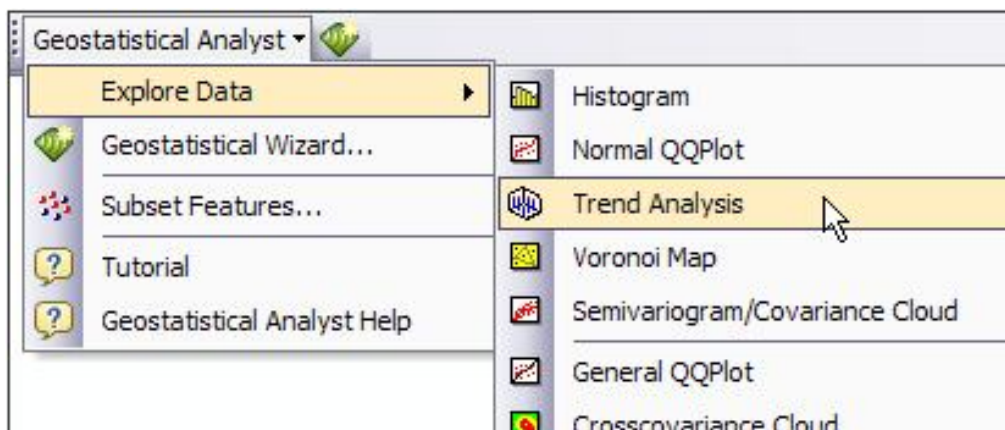


Рисунок 1.27 – Аналіз тренда у меню Дослідити дані

– клацніть на стрілці **Атрибут (Attribute)** і виберіть **OZONE**.

Кожен вертикальний відрізок на графіку аналізу тренда є місцем розташування, а висота відрізка – значення кожного вимірювання концентрації озону. Точки даних проектуються на перпендикулярні площини – схід-захід та північ-південь. Лінія найкращої відповідності (поліном) проведена через спроектовані точки, показуючи тренди в певних напрямках.

Якби лінія була рівна, це означало б, що трендів немає. Однак, світло-зелена лінія на рисунку 1.28 починається з низьких значень, зростає у напрямку до центру осі x , а потім знижується. Аналогічно синя лінія росте в північному напрямку та знижується, починаючи з центру. Це говорить про виражений тренд, починаючи з центру області даних у всіх напрямках;

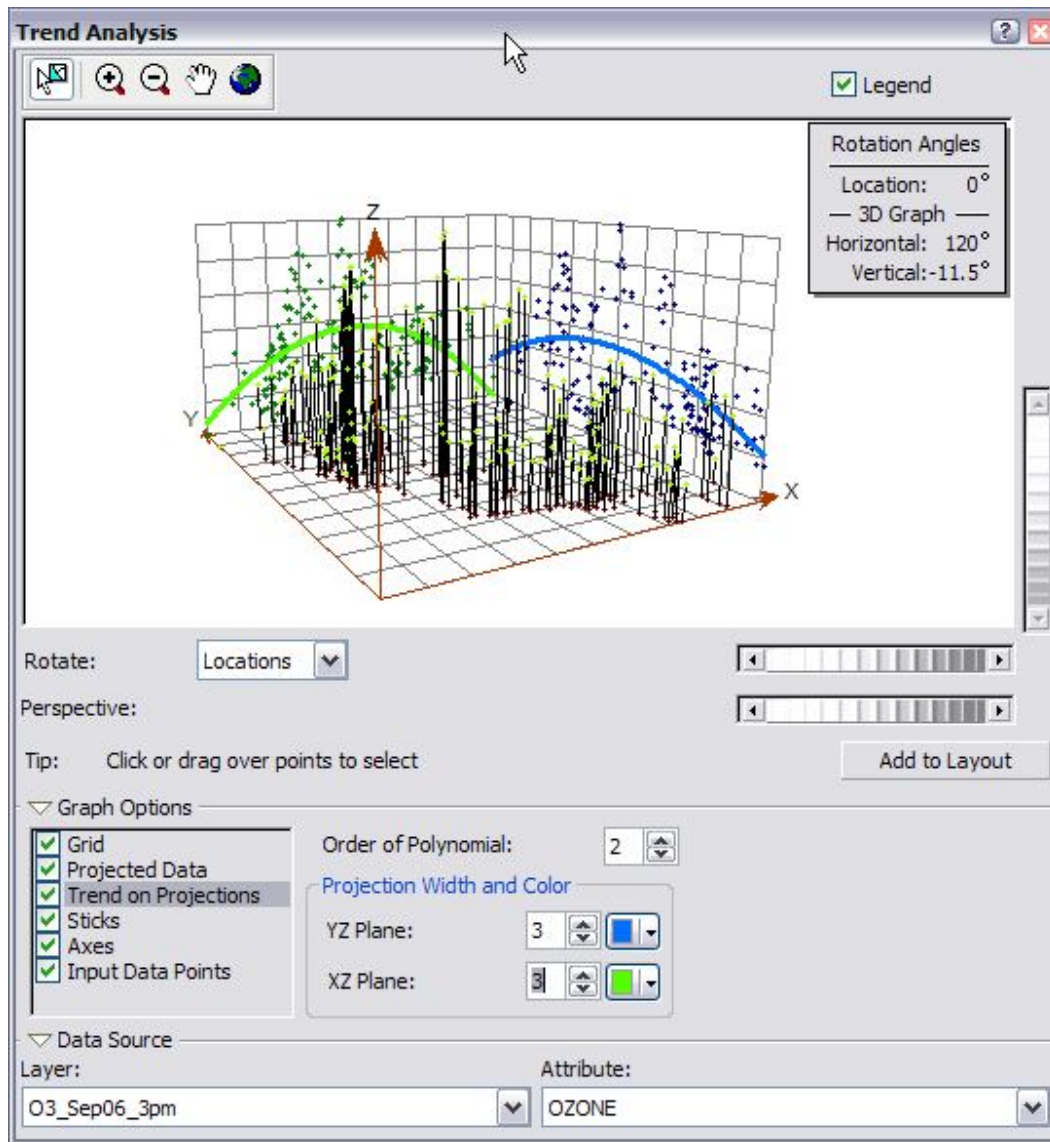


Рисунок 1.28 – Графік аналізу тренда

– клацніть на смузі прокрутки **Повернути місце розташування (Rotate Locations)** та прокручуйте вліво (рис. 1.29), поки кут повороту не досягне 90 градусів.

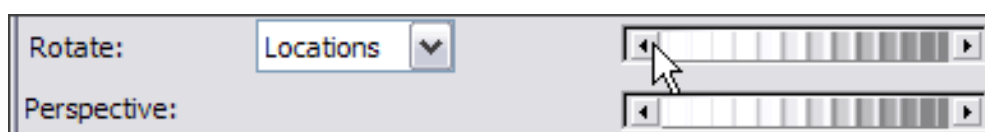


Рисунок 1.29 – Поворот за допомогою смуг прокрутки

У процесі повороту точок форма трендів завжди перевернута U-подібна. Тренд не є більш вираженим (з більш чіткою U-подібною формою) для якогось певного кута повороту, підтверджуючи зроблене раніше спостереження вираженого тренду, починаючи від центру області даних у всіх напрямках.

Оскільки тренд має U-подібну форму, оптимально використовувати поліном другого порядку як глобальну модель тренду. Причиною цього тренду, можливо, є той факт, що на узбережжі рівень забруднення низький, але в міру віддалення від моря чисельність населення зростає (рис. 1.30), знову скорочуючись в горах;

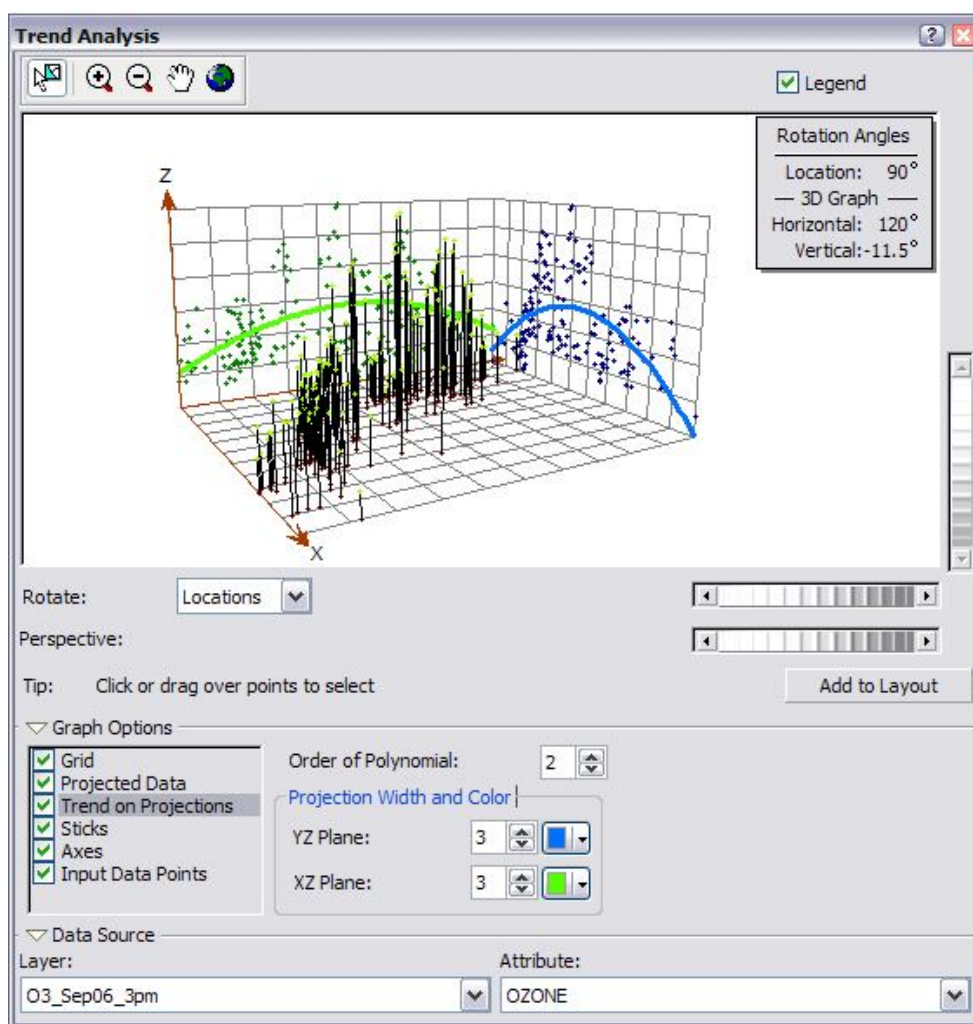


Рисунок 1.30 – Графік аналізу тренду, повернений на 90 градусів

– клацніть на кнопці **Закрити (Close)** у верхньому кутку діалогового вікна **Аналіз тренда (Trend Analysis)**.

Крок 4. Аналіз просторової автокореляції та впливів напрямку:

– на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension клацніть на **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension > Дослідити дані (Explore Data) > Хмара варіограми/коварианції (Semivariogram/Covariance Cloud)** (рис. 1.31);

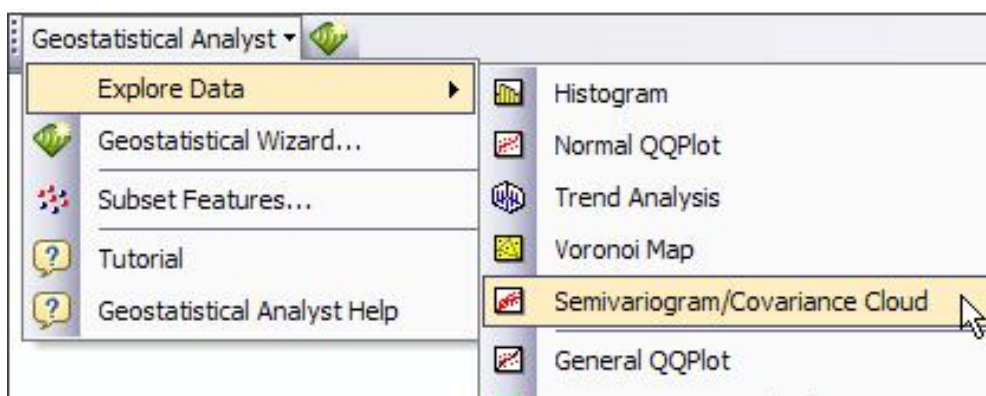


Рисунок 1.31 – Хмара варіограми/коваріації в меню Дослідити дані

– клацніть на стрілці **Атрибут (Attribute)** та виберіть **OZONE**.

Хмара варіограми/коваріації (рис. 1.32) дозволяє проаналізувати просторову автокореляцію між вимірними точками вибірки. У загальному випадку передбачається, що об'єкти, розташовані близько один до одного, більш схожі.

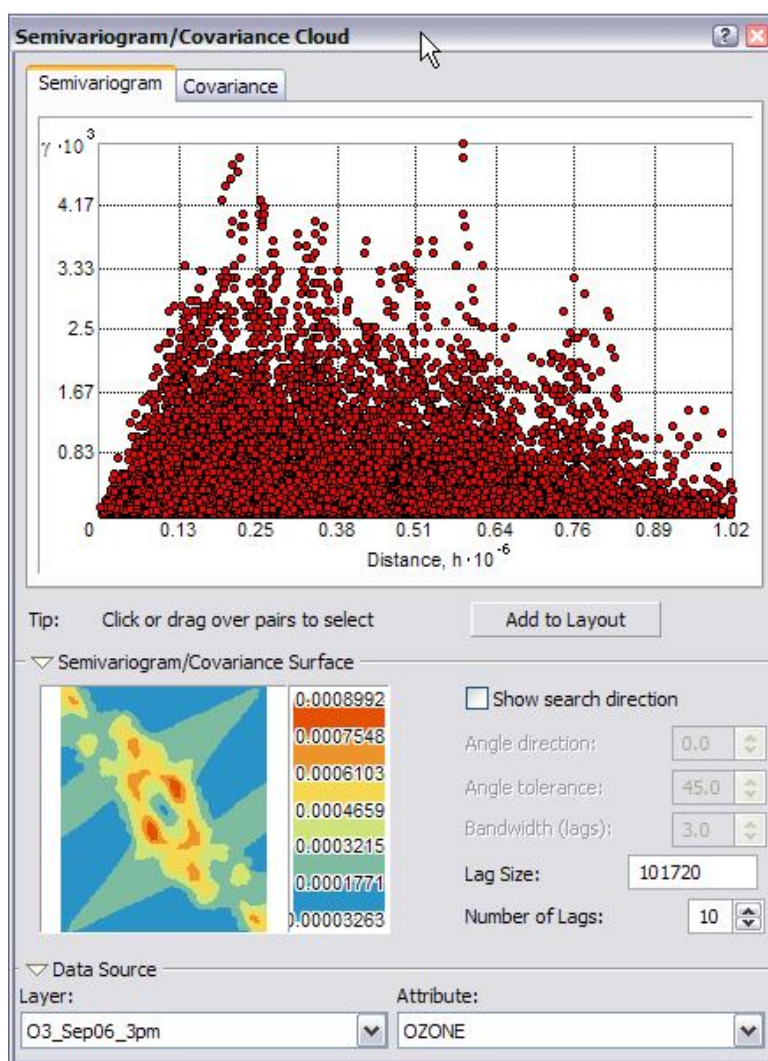


Рисунок 1.32 – Хмара варіограми

Хмара варіограми/ коваріації дозволяє перевірити цей взаємозв'язок. Для цього значення варіограми, яке є квадратом різниці між значеннями кожної пари місць розташування, наноситься на графік по осі y , а по осі x відкладається відстань між точками вимірювань у кожній парі.

Кожна червона крапка в хмарі варіограми/коваріації (рис. 1.32) є парою місць розташування. Місця розташування, близькі один до одного, повинні бути більш схожі. На графіку варіограми найближчим місцеположенням (у крайній лівій області по осі x) повинні відповідати невисокі значення варіограми (низькі значення по осі y). У міру збільшення відстані між парами місць розташування (вправо по осі x) значення варіограми повинні також зростати (вгору по осі y).

Однак, після досягнення певної відстані хмара перестає змінюватися, це показує, що значення в парах точок, розташованих один від одного далі цієї відстані, більше не корельовані.

Якщо під час розгляду варіограми виявиться, що деякі місця розташування даних, близькі один до одного (близько нуля по осі x), мають більш високі значення варіограми (вгору по осі y), ніж очікувалося, то слід вивчити ці пари місць розташування на предмет точності даних;

– клацніть на кнопці **Вибрати об'єкти прямокутником (Select Features By Rectangle)** на панелі **Інструменти (Tools)**, потім клацніть на кнопці миші та протягніть курсор по декількох точках з великими значеннями (рис. 1.33) варіограми (по осі y) у діалоговому вікні **Хмара варіограми/коваріації (Semivariogram/Covariance Cloud)**, щоб вибрати їх (керуйтеся схемою зліва, але необов'язково вибирати точно такі ж точки, як на схемі внизу).

Вибрані на варіограмі пари точок вибірки будуть виділені на карті та попарно з'єднані лініями. Відповідно до карти інтерполяції з використанням крігінга за замовчуванням, лінії з високими значеннями варіограми для певної відстані між точками в парі – це лінії, що відповідають максимальному градієнту значень концентрації озону.

На рисунку 1.34 показані пари з типовими значеннями варіограми, де відстані між парами точок приблизно однакові.

Більшість ліній приблизно паралельні береговій лінії. Очевидно, існують впливи напрямлення на дані. Причини впливів напрямку, можливо, відомі місцевим вченим-екологам.

Можна отримати статистичну кількісну оцінку цих причин, не знаючи джерел високого забруднення повітря. Ці впливи напрямку відобразяться на точності поверхні, яку буде створено далі.

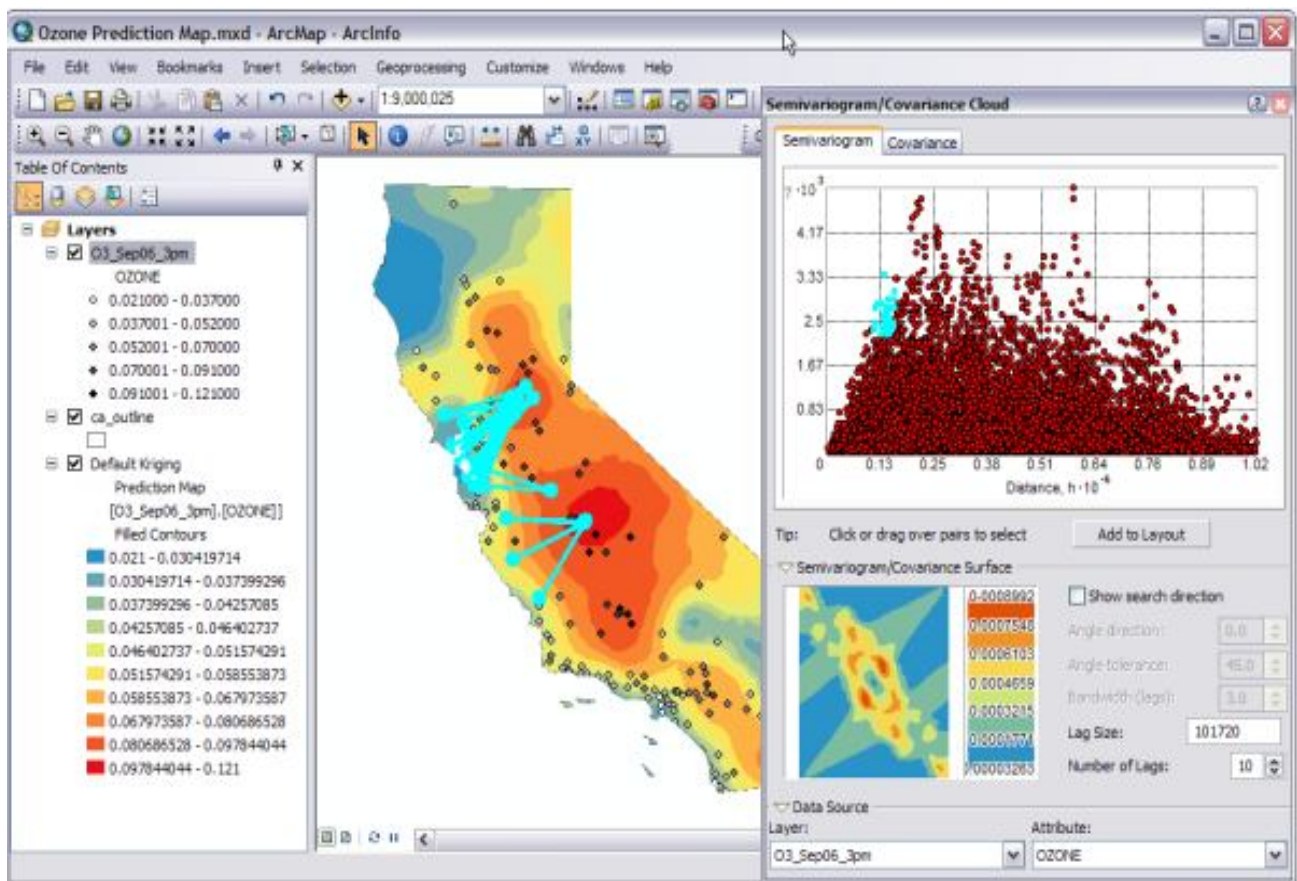


Рисунок 1.33 – Вибір точок (приклад 1)

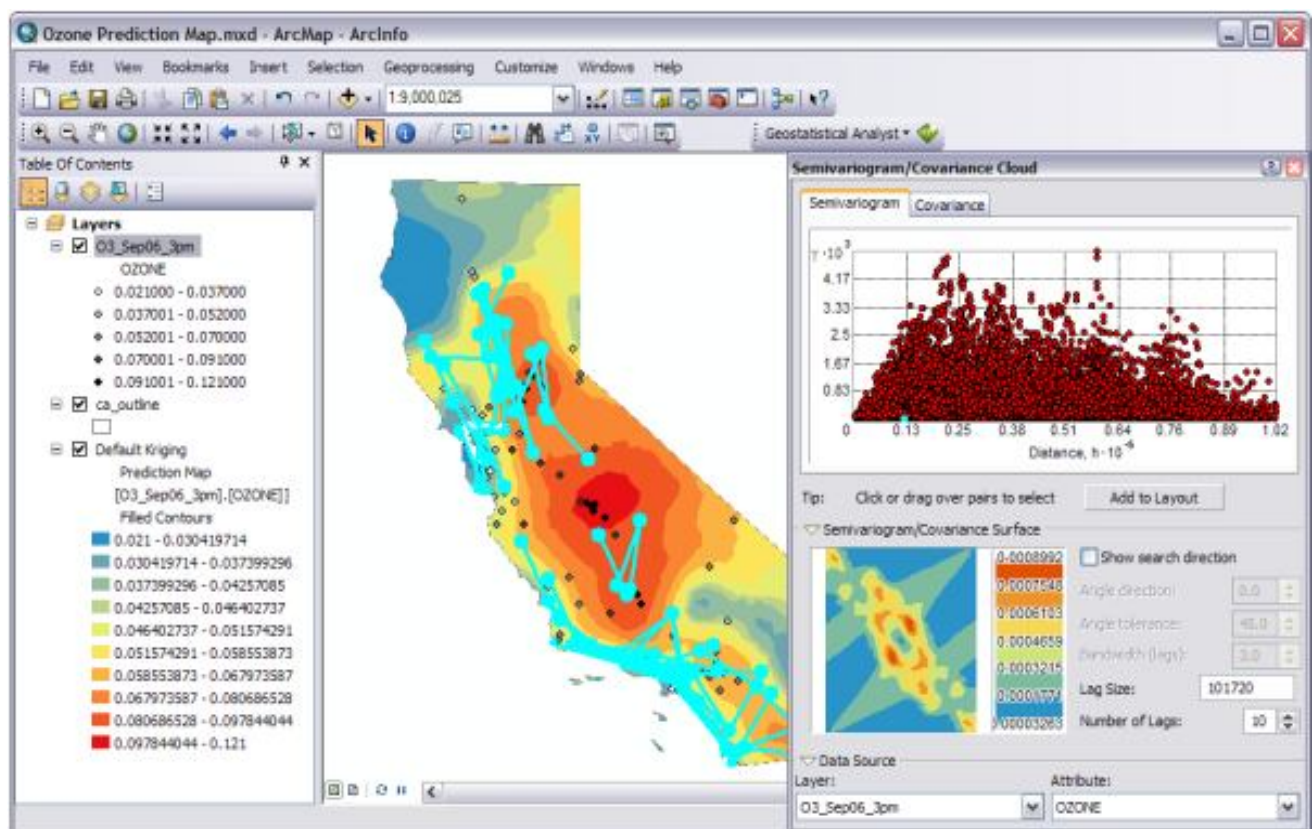


Рисунок 1.34 – Вибір точок (приклад 2)

Однак, якщо про вплив напрямку відомо, інструменти ArcGIS Geostatistical Analyst Extension дозволять врахувати його в процесі створення поверхні. Щоб дослідити вплив напрямку на хмару варіограми, можна використати інструменти **Напрямок пошуку (Search Direction)**;

- встановіть прапорець **Показувати напрямок пошуку (Show search direction)**;

- клацніть на покажчику напрямку та перемістіть його на будь-який кут (рис. 1.35).

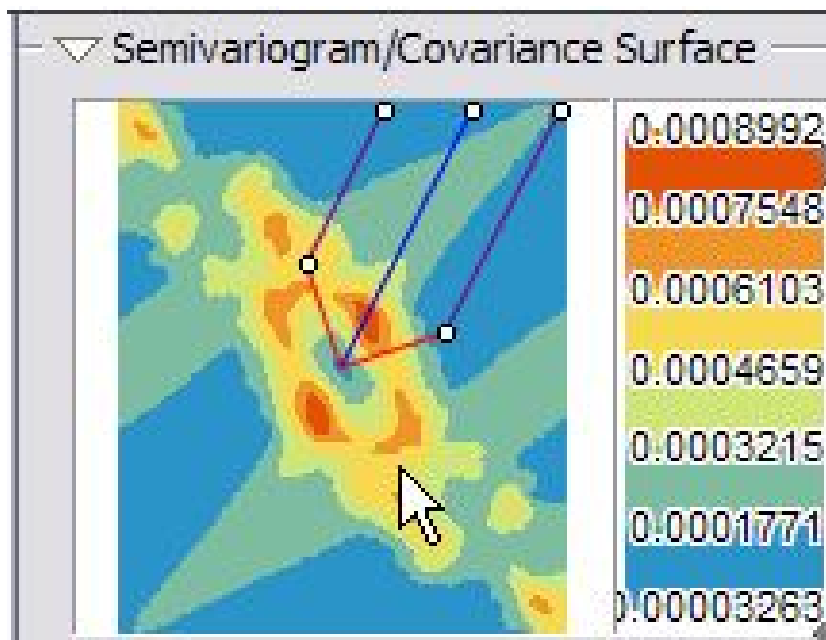


Рисунок 1.35 – Приклад вказівника напрямку

Напрямок за вказівником (рис. 1.35) визначає, які пари місць розташування даних будуть нанесені на варіограму. Наприклад, якщо покажчик орієнтований у напрямку схід-захід, на варіограму будуть нанесені тільки пари точок даних, розташованих на схід або на захід один від одного. Це дозволяє виключити зайві пари та проаналізувати впливи напрямку на дані;

- клацніть на інструменті **Вибрати об'єкти прямокутником (Select Features By Rectangle)** та розтягніть прямокутник навколо пар точок з найвищими значеннями варіограми (рис. 1.36), щоб вибрати їх на графіку та на карті (керуйтеся наведеною нижче схемою, необов'язково вибирати точно такі ж точки або використовувати той же напрямок пошуку, як на схемі.)

Зверніть увагу, що більшість пов'язаних місць розташування (пари точок на карті) відповідає одній з опорних точок на центральній території, це пояснюється тим, що значення концентрації озону в даній області вище, ніж у всіх інших районах;

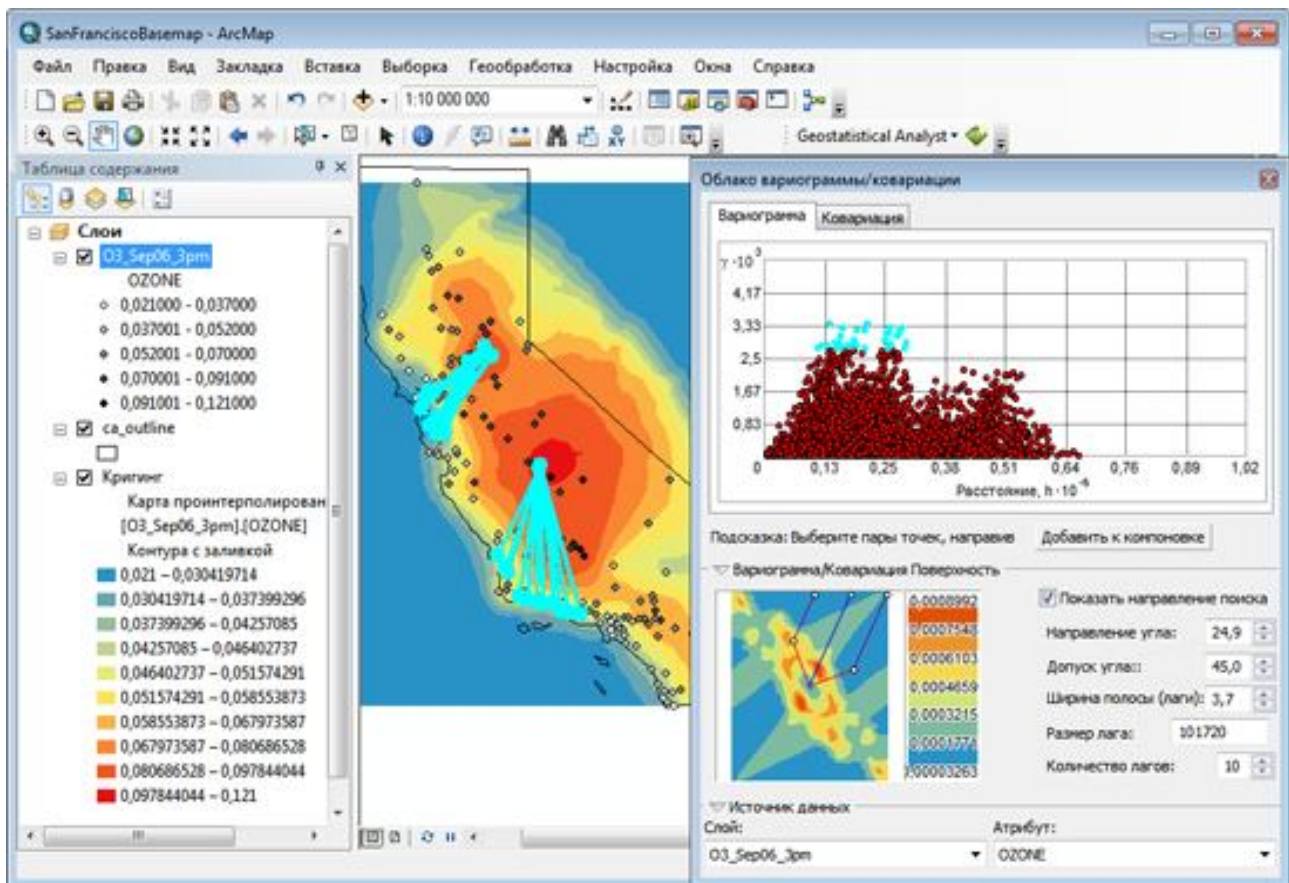


Рисунок 1.36 – Приклад вибору хмари варіограми

– клацніть на кнопці **Закрити (Close)** у верхньому кутку діалогового вікна;

– клацніть на кнопці **Очистити вибрані об'єкти (Clear Selected Features)** на панелі **Інструменти (Tools)**, щоб очистити вибрані точки на карті.

Таким чином:

– розподіл даних по озону є одновершинним, але не занадто близьким до нормального закону, як видно на гістограмі;

– нормальний графік КК також показує, що дані не розподілені по нормальному закону, оскільки точки на графіку не утворюють пряму лінію, тому може знадобитися перетворення даних;

– за допомогою інструменту **Аналіз тренда (Trend Analysis)** видно, що в даних присутній тренд та після уточнення визначено, що тренд найкраще виражається поліномом другого порядку;

– хмара варіограми/ковариації продемонструвала, що незвично високі значення варіограми подані лініями, перпендикулярними береговій лінії. Аналіз за допомогою цього інструменту показав, що модель інтерполяції повинна враховувати анізотропію;

– поверхня варіограми свідчить про просторову автокореляцію в даних. Знаючи, що в наборі даних немає випадających (або помилкових) опорних точок, можна впевнено приступати до інтерполяції поверхні. Тому є можливість створити більш точну поверхню, ніж за заданими параметрами, оскільки тепер відомо про присутність тренда та анізотропію в даних, а також можна врахувати ці обставини в інтерполяції. Перетворення даних може також поліпшити модель інтерполяції.

1.3 Картографування концентрації шкідливого компонента в атмосфері

Мета роботи: створити більш точну модель поверхні за допомогою ординарного крігінга, видалення тренду та налаштування анізотропії в даних.

Порядок виконання роботи

Перш ніж приступити до цього завдання, необхідно виконати дослідження статистичних даних забруднення атмосфери.

У цьому завданні буде виконано:

- удосконалення карти концентрації озону, яка створена раніше;
- ознайомлення з деякими концепціями геостатистики.

Знову скористаємося методом інтерполяції ординарний крігінг для створення покращених прогнозів, але з трендом та анізотропією в моделі. Ординарний крігінг є найпростішою геостатистичною моделлю, оскільки кількість припущень в ньому найменше.

Крок 1. Підготовка необхідних даних:

- запустіть ArcMap та відкрийте Ozone Prediction Map.mxd;
- переконайтеся в тому, що точки, що відображають вимірювання концентрації озону, не вибрані. Якщо деякі точки все ж таки обрані, зніміть виділення, клацнувши по кнопці **Очистити вибрані об'єкти (Clear Selected Features)** на панелі **Інструменти (Tools)**;
- на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension клацніть **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension > Geostatistical Wizard**;
- клацніть на **Крігінг/Кокрігінг (Kriging/Cokriging)** у списку **Методи (Methods)**;
- у списку **Вихідні дані (Input data)** клацніть на O3_Sep06_3pm;
- у списку **Атрибут (Attribute)** виберіть атрибут **OZONE** (рис. 1.37);
- клацніть на **Далі (Next)**;

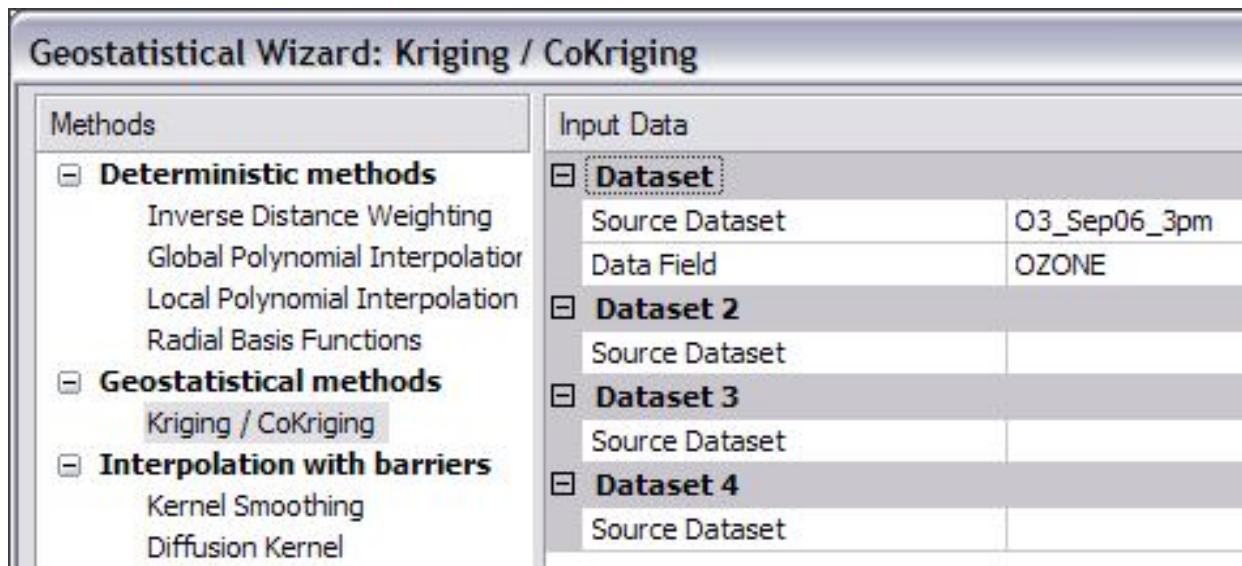


Рисунок 1.37 – Вибір вихідних даних

– клацніть на **Ординарний крігінг (Ordinary Kriging)**.

Під час дослідження даних виявлено глобальний тренд. Після обробки даних інструментом **Trend Analysis** визначено, що це поліном другого порядку, тренд може бути поданим математичною формулою та видалений із даних.

Після видалення тренду буде проведено статистичний аналіз залишків або компонента поверхні з варіацією в малому діапазоні. Тренд автоматично буде додано назад до створення результуючої поверхні так, що інтерполяції дадуть ефективні результати;

– у списку **Порядок видалення тренду (Order of trend removal)** клацніть на **Другий (Second)** (рис. 1.38);

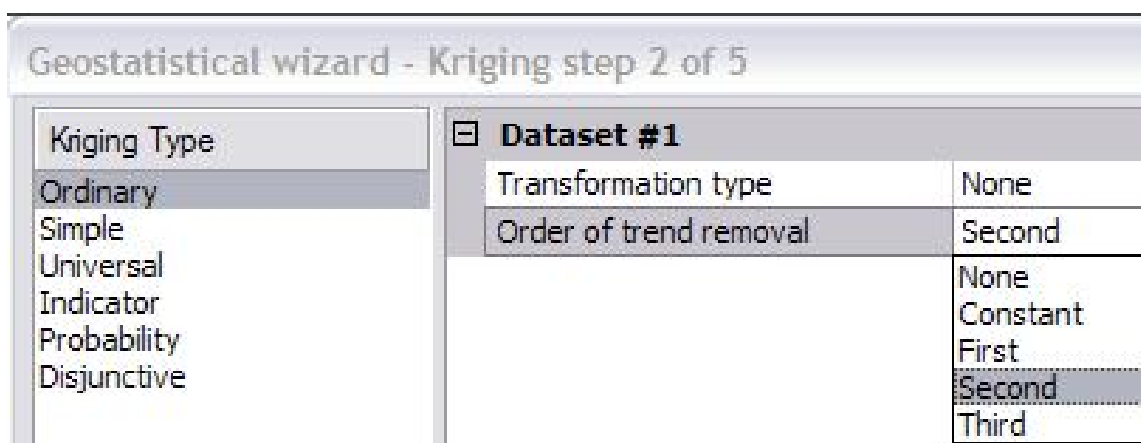


Рисунок 1.38 – Вибір порядку видалення тренду

– поліном другого порядку підходить, оскільки в діалоговому вікні **Аналіз тренду (Trend Analysis)** встановлена U-подібна крива (рис. 1.39);

– клацніть на **Далі (Next)**.

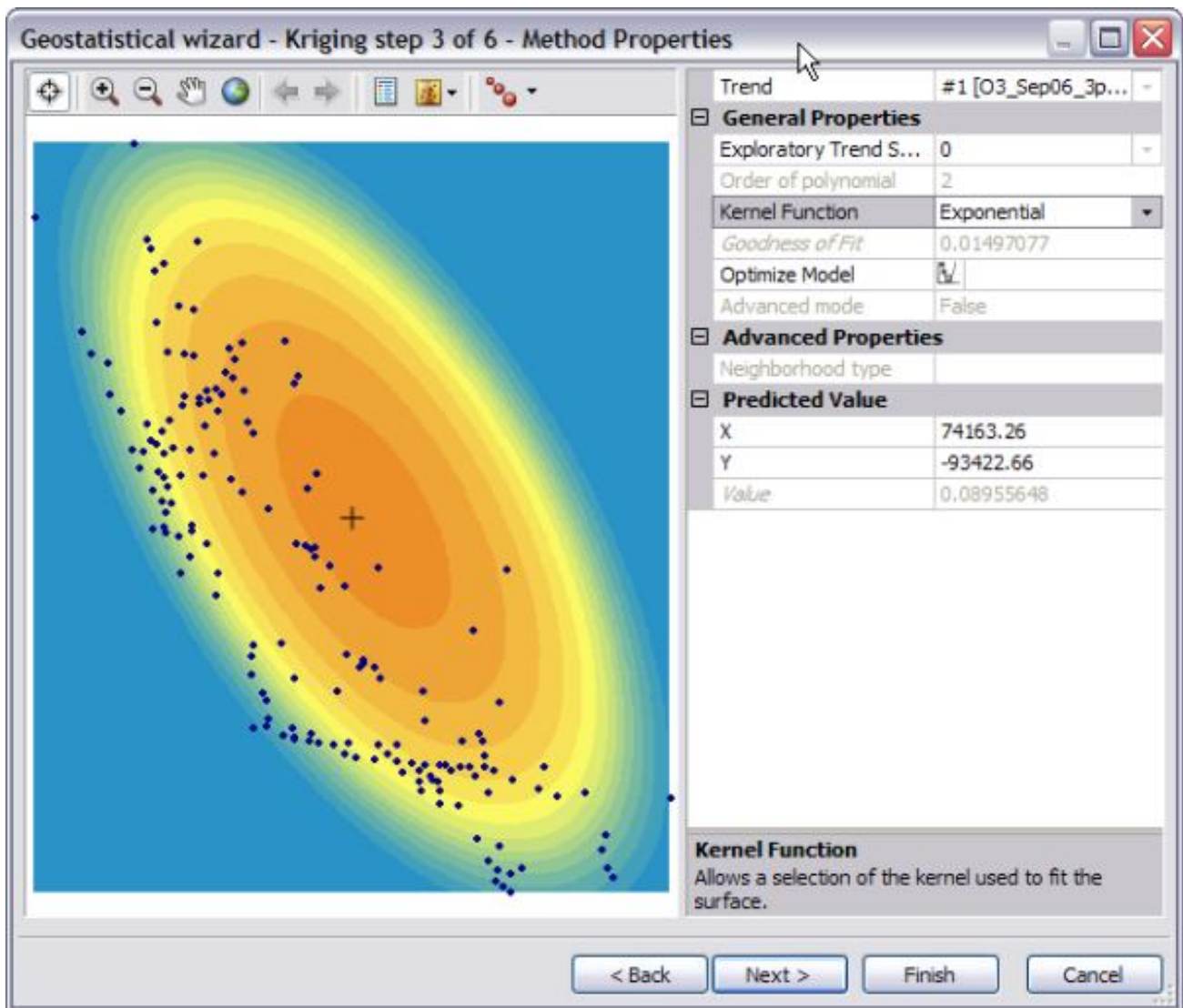


Рисунок 1.39 – Приклад діалогового вікна Властивості методу майстра Geostatistical Wizard

За замовчуванням ArcGIS Geostatistical Analyst Extension відображає глобальний тренд у наборі даних. На поверхні відображається найшвидша зміна в південно-західному та північно-східному напрямку, більш плавна зміна в північно-західному та південно-східному напрямку (завдяки формі еліпса).

Тренди необхідно видаляти, якщо для цього є підстава. Південно-західний та північно-східний тренд як атмосфера може пояснюватися за рахунок нарощування концентрації озону між гірськими територіями та узбережжям. Висота та переважний напрямок вітру є факторами для відносно низьких значень в горах та на узбережжі. Висока концентрація населення також веде до високого рівня забруднення між гірськими територіями та узбережжям. Отже, припустимо видалити дані тренди;

– клацніть на **Далі (Next)** у діалоговому вікні **Видалення тренда (Detrending)**.

Крок 2. Моделювання варіограми / ковариації.

За допомогою інструменту для створення хмари варіограми/ковариації було вивчено повну просторову автокореляцію вимірних точок. При цьому проводився аналіз значень варіограми, що демонструють квадрат різниці вимірів концентрації озону, узятих у пари опорних місць розташування, розділених різними відстанями.

Метою моделювання варіограми/ковариації є визначення кращої відповідності для моделі, яка пройде через точки варіограми (показана синьою лінією на рисунку 1.40).

Варіограма – це графічне зображення, що є відображенням просторової кореляції в наборі даних.

Діалогове вікно **Моделювання варіограми/ковариації (Semivariogram/Covariance Modeling)** дозволяє погоджувати моделі з просторовими відношеннями в наборі даних. Перш за все, ArcGIS Geostatistical Analyst Extension визначає відповідний розмір лага для групування значень варіограми.

Розмір лага – це розмір категорії відстань, в якому згруповані пари місць розташування для зменшення великої кількості можливих комбінацій. Хмара варіограми/ковариації видала одну червону крапку для кожної пари точок у наборі даних. Тепер необхідно побудувати криву через ці точки. Для отримання більш чіткого зображення значень варіограми емпіричні значення варіограми (червоні точки) групуються за відповідним поділом відстані. Точки розділені на біни (або лаги), а розмір лага визначає ширину кожного інтервалу (біна), такий процес називається *біннінг*.

Після виконання біннінгу відзначте, що у варіограмі буде менше точок, ніж у хмарі варіограми, що отримана раніше. Діалогове вікно **Моделювання варіограми/ковариації (Semivariogram/Covariance Modeling)** відображає значення варіограми у вигляді поверхні (карта в нижньому лівому кутку діалогового вікна, рисунок 1.40) та у вигляді діаграми розсіювання за значеннями варіограми щодо відстані поділу. За замовчуванням оптимальні значення параметрів розраховані для багатовекторної (за всіма напрямками) стабільної моделі варіограми. Є декілька інших типів моделей варіограми, які можна використовувати, залежно від того, наскільки вони відповідають даним.

Значення параметрів для багатовекторної стабільної моделі варіограми – самородок, діапазон, частковий поріг та форма. Зауважте, що при менших відстанях модель варіограми (синя лінія) різко зростає, а потім вирівнюється.

Діапазон – це відстань, при якій крива вирівнюється. Таке вирівнювання варіограми вказує на те, що присутня незначна автокореляція в значеннях атрибуту (концентрації озону) за межами діапазону.

Фактично алгоритм вибірки моделі використовує змінні розміри лага, які дозволяють захопити просторову кореляцію в концентраціях озону, особливо на коротких відстанях, які дуже важливі для інтерполяції. Значення варіограми для таких розмірів лага можна експортувати, вибравши **Зберегти геометричні величини як таблицю (Save geometrical values as table)** в Експорт варіографії (Export Variography).

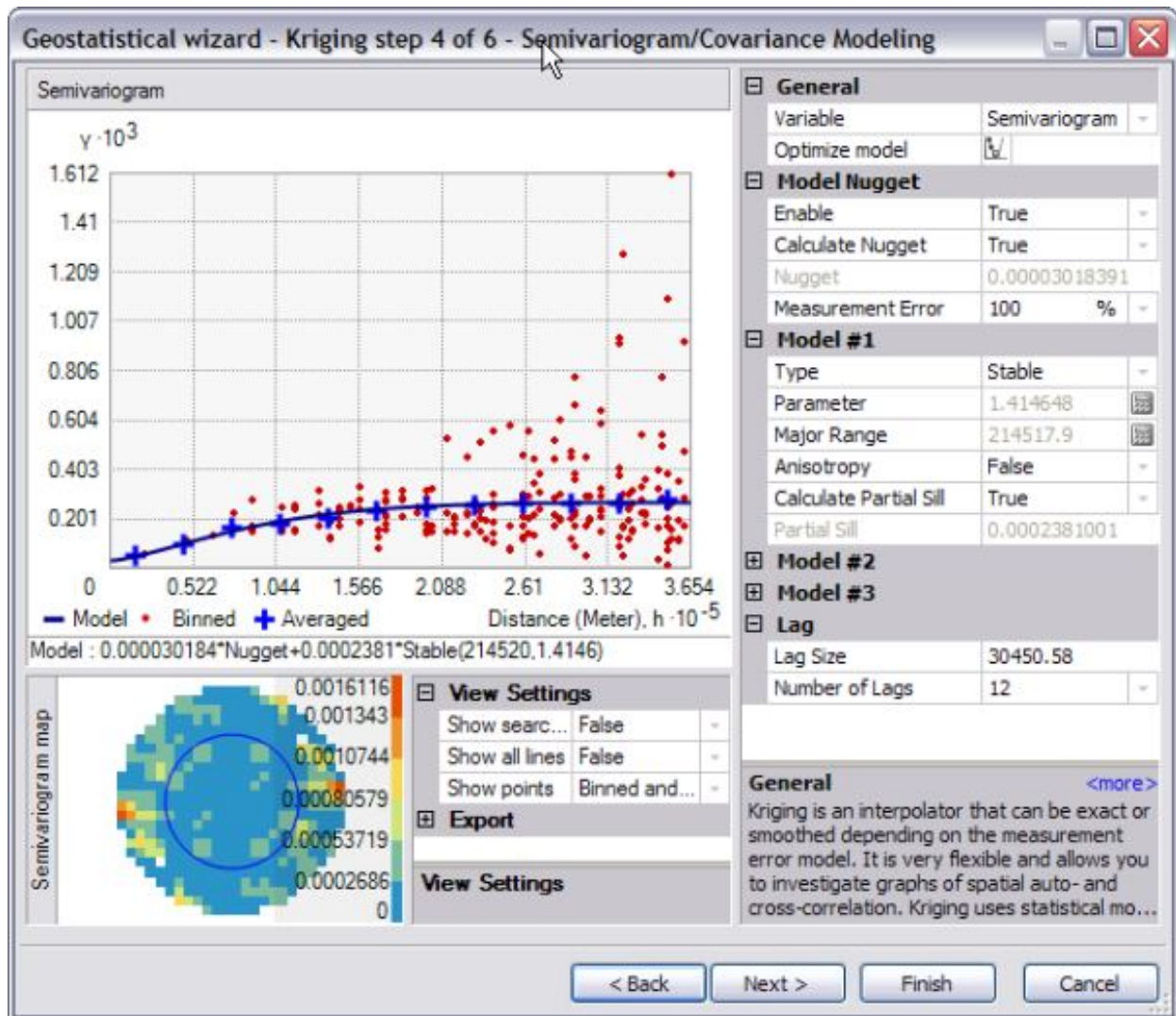


Рисунок 1.40 – Приклад діалогового вікна варіограми/коваріації (Semivariogram/Covariance Modeling) майстра Geostatistical Wizard

У результаті видалення тренду варіограма стане моделлю просторової автокореляції між точками даних без розгляду тренда в даних. Тренд буде автоматично включений назад у розрахунки перед створенням результуючої поверхні.

Колірна шкала, яка є розрахунковим значенням варіограми, забезпечує прямий зв'язок емпіричних значень варіограми на діаграмі зі значеннями на поверхні варіограми.

Значення кожного чарунку на поверхні варіограми забезпечені кольоровим маркуванням: менші значення позначаються синім та зеленим кольором, великі значення – помаранчевим та червоним кольором.

Середнє значення кожного чарунку поверхні варіограми розташовується на варіограмі та зображується червоною крапкою. Середнє значення кожного лага, який охоплює множину чарунків, теж розташовується на варіограмі та зображується синім хрестиком.

Значення по осі x на варіограмі відповідає відстані від центру чарунка до центру поверхні варіограми. Для даних по концентрації озону варіограма починається з низьких значень на коротких відстанях (виміряні значення концентрації озону в положеннях поруч один з одним подібні) та збільшується у міру збільшення відстані (значення концентрації озону стають неоднаковими по мірі збільшення відстаней між положеннями замірів).

Виходячи з поверхні варіограми, відмінності в значеннях концентрації озону ростуть швидше в напрямку захід-схід, ніж у напрямку південь-північ.

Раніше було видалено з даних грубий тренд, тепер виявляється, що все ще присутній компонент напрямку для автокореляції, який буде включено в подальшу модель.

Спрямований вплив зробить вплив на точки варіограми та відповідну модель. У певних напрямках об'єкти, що розташовані поруч один з одним, можуть бути більш подібними, ніж в інших напрямках. ArcGIS Geostatistical Analyst Extension може враховувати спрямовані впливи або анізотропію в моделі варіограми. Анізотропія може бути обумовлена вітром, стоком води, геологічною структурою або широким спектром інших процесів. Спрямований вплив може бути визначено кількісно та враховуватися під час створення карти.

Можна досліджувати розбіжність в точках даних для певного напрямку за допомогою інструменту **Напрямок пошуку (Search Direction)**, що дозволить вивчити спрямовані дії на варіограмі. Це не вплине на заключну поверхню.

Крок 3. Спрямовані варіограми:

- введіть нове значення **Розмір лага (Lag size)**, рівне 15 000. Зменшення розміру лага означає, що збільшується масштаб для моделювання деталей локальної просторової варіації даних;

- змініть параметр **Показати напрямок пошуку (Show search direction)** зі значення **Хибне (False)** на значення **Істина (True)**.

Відмітьте скорочення кількості значень варіограми. На діаграмі показані тільки точки у напрямку пошуку (рис. 1.41);

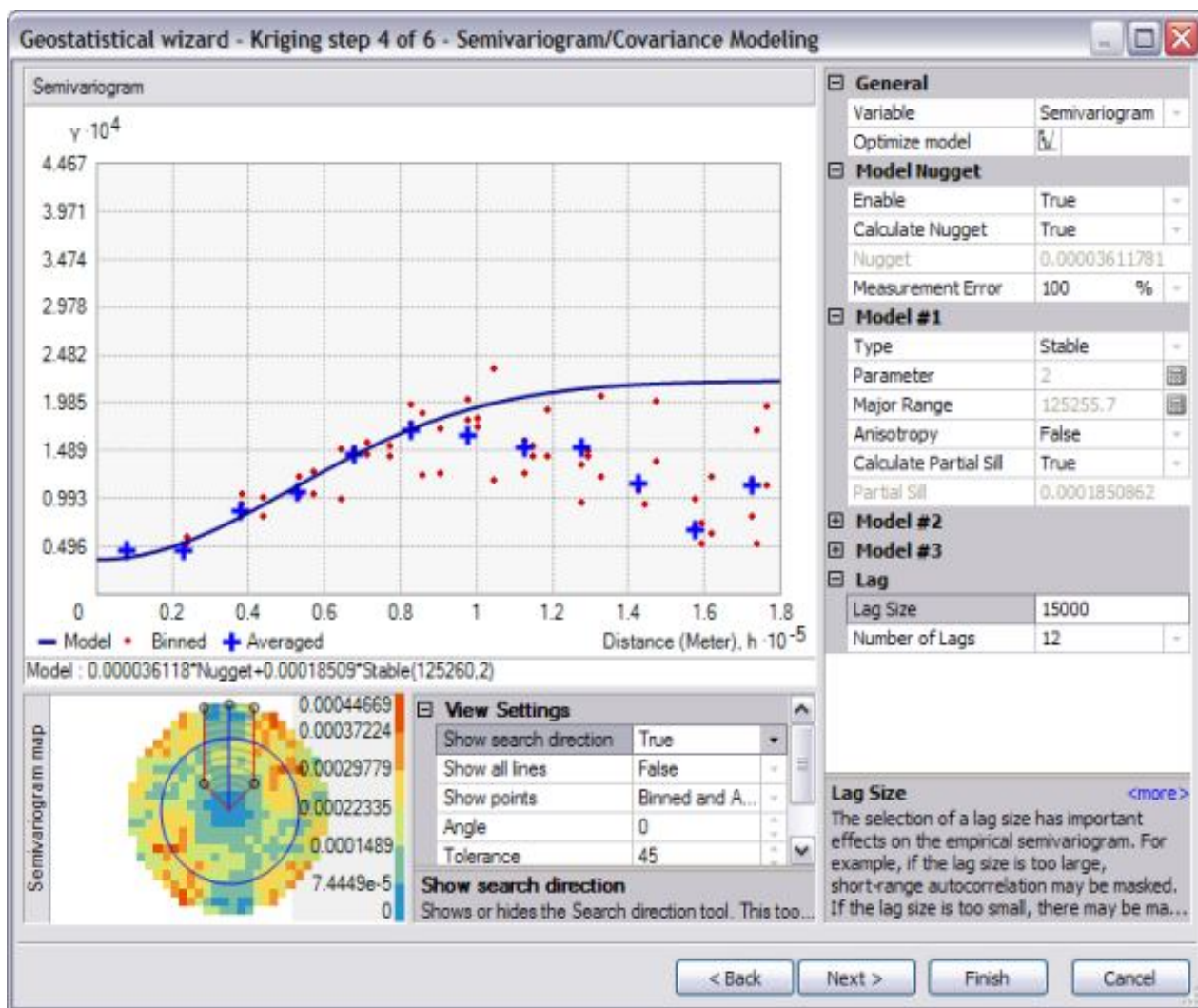


Рисунок 1.41 – Спрямована варіограма

– клацніть та утримуйте вказівник на центральній синій лінії інструменту **Напрямок пошуку (Search Direction)**.

Змініть напрямок пошуку, перетягнувши центральну лінію. У міру зміни напрямку пошуку відмітьте, як буде змінюватися варіограма.

На варіограмі (рис. 1.41) відображаються тільки значення поверхні варіограми в напрямку пошуку. Щоб фактично враховувати спрямовані впливи на моделі варіограми для обчислення поверхонь, необхідно розрахувати анізотропну варіограму або коваріаційну модель;

– змініть параметр **Анізотропія (Anisotropy)** зі значення **Хибне (False)** на значення **Істина (True)** (рис. 1.42).

Синій еліпс на поверхні варіограми відображає діапазон варіограми в різних напрямках. У цьому випадку велика вісь лежить приблизно в напрямку північно-північний захід та південно-південний схід. Тепер анізотропія буде включена в модель для регулювання спрямованого впливу автокореляції у заключній поверхні;

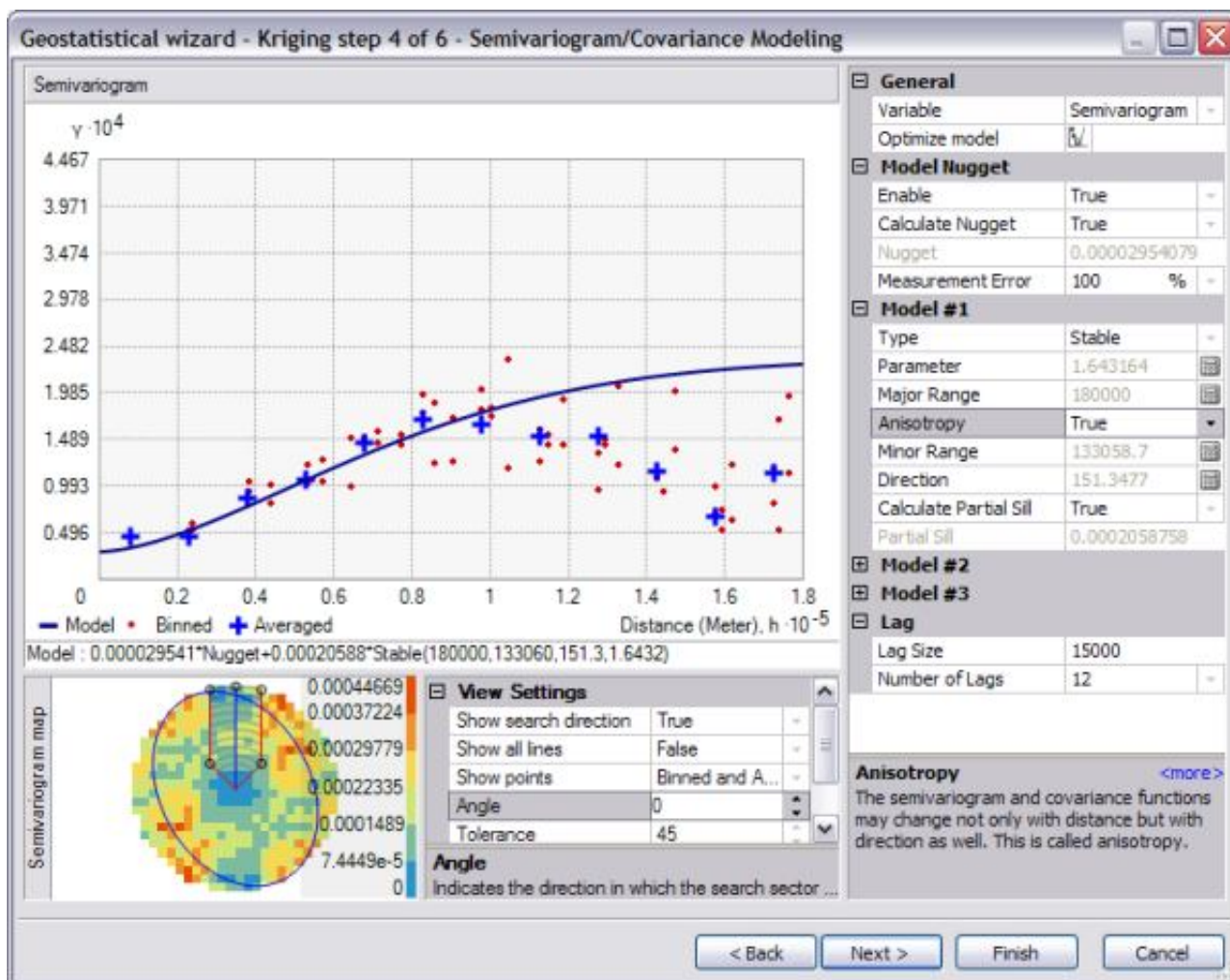


Рисунок 1.42 – Спрямована варіограма з анізотропією

– змініть кут напрямку пошуку в полі **Налаштування подання (View Settings)** з 0 на 61,35, щоб показник напрямку збігся з малою віссю анізотропного еліпсу (рис. 1.43). Форма кривої варіограми зростає швидше щодо значення порогу. Координати x та y вимірюються в метрах, так що діапазон у цьому напрямку приблизно дорівнює 110 км;

– змініть кут напрямку пошуку в полі **Налаштування подання (View Settings)** з 61,35 на 151,35, щоб показник напрямку збігся з великою віссю анізотропного еліпсу (рис. 1.44).

Модель варіограми збільшується поступово, а потім вирівнюється. Діапазон у цьому напрямку дорівнює 180 км. Плато, якого моделі варіограми досягають за допомогою майстра, відоме під назвою «поріг».

Діапазон – це відстань, при якій модель варіограми досягає свого граничного значення (порогу). За межами діапазону розбіжність в точках стає постійною зі збільшенням відстані лага. Точки, розділені більшою відстанню, ніж величина діапазону, просторово не корельовані одна з одною.

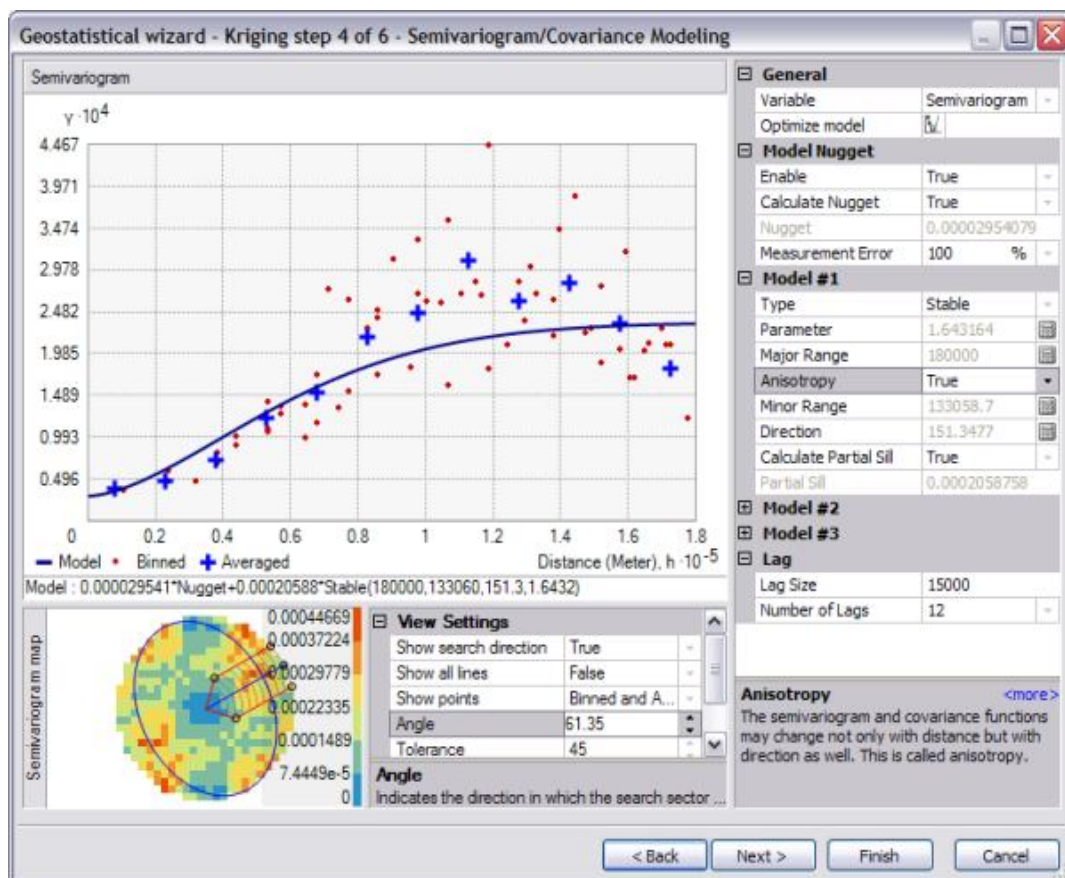


Рисунок 1.43 – Спрямована варіограма з кутом 61,35 градусів від вертикалі

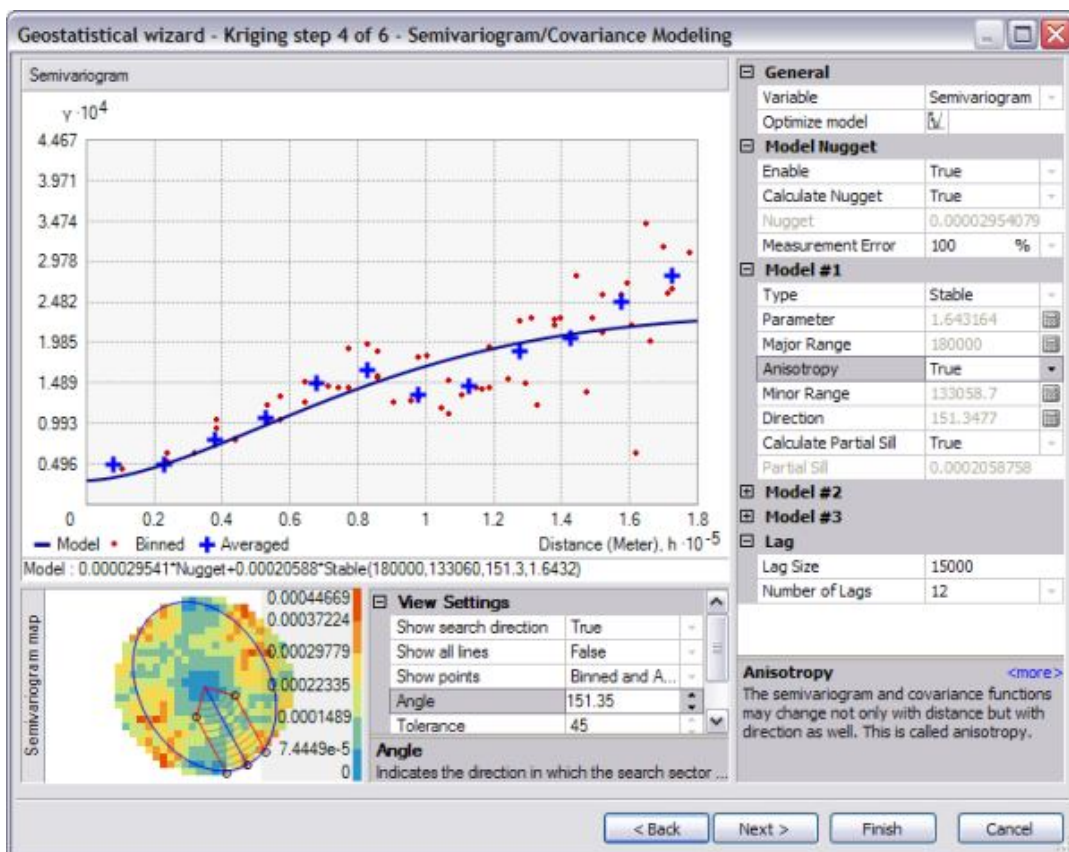


Рисунок 1.44 – Варіограма в напрямку основної осі

Самородок – це похибка вимірювання та/або варіація на мікрорівні (зміни в просторовому масштабі занадто дрібні для виявлення). Є можливість оцінити похибку вимірювання при наявності декількох спостережень на одне положення або розкласти самородок на похибку вимірювання та варіацію на мікрорівні за допомогою елемента управління **Похибка вимірювання (Measurement Error)**;

– клацніть на **Далі (Next)**.

Тепер є відповідна модель для опису просторової автокореляції, яка враховує тренд та спрямовані впливи в даних (рис. 1.45). Ці відомості, поряд з конфігурацією та вимірами місця розташування навколо інтерпольованого положення, використовуються для виконання прогнозування.

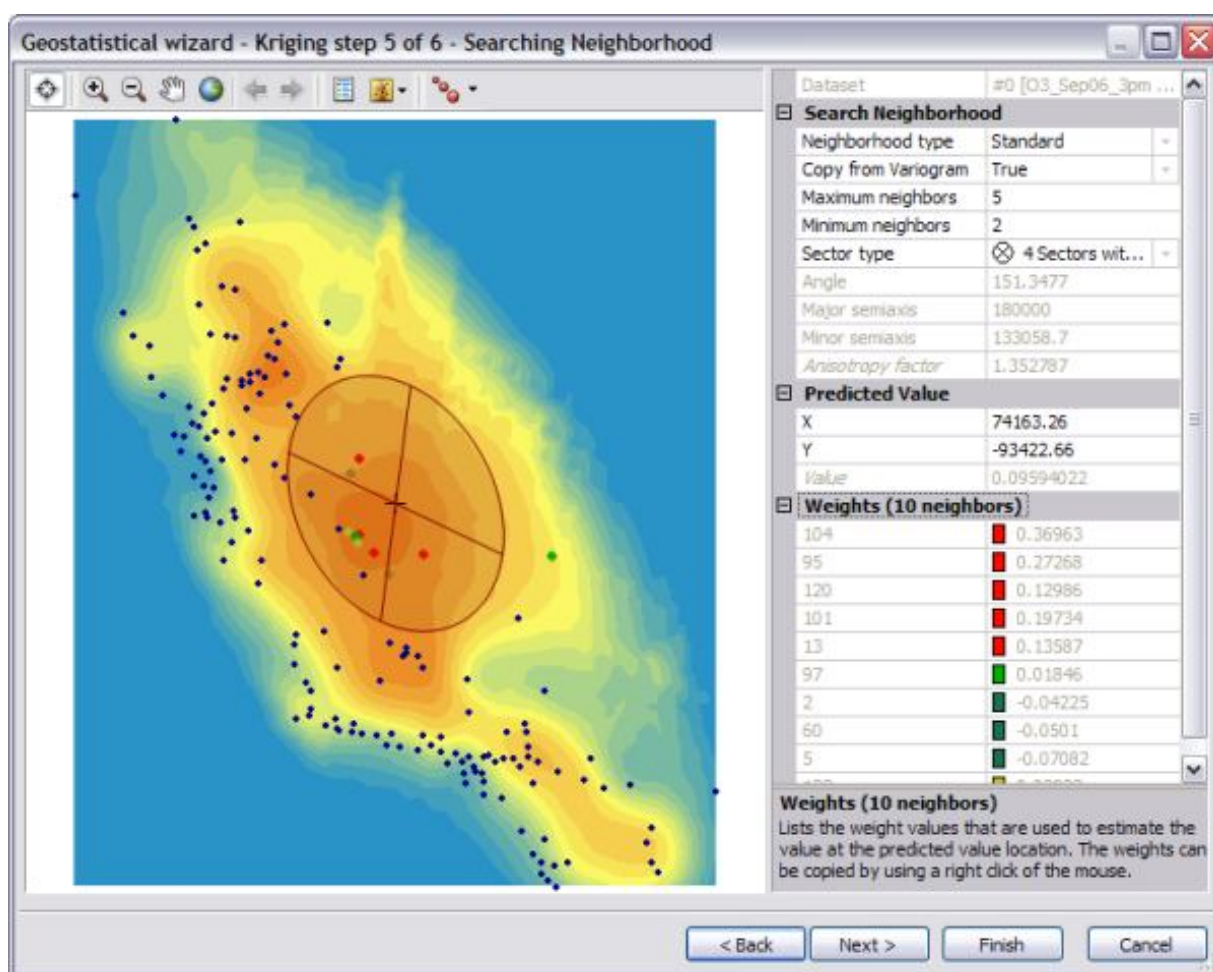


Рисунок 1.45 – Приклад діалогового вікна Пошук околу

Щоб охопити точки, що використані для інтерполяції значення в невимірних місцезнаходженнях, загальноприйнятою практикою є обмеження використаних даних околom у формі кола (або еліпса).

Крім цього, щоб уникнути зсуву в конкретному напрямку, коло або еліпс можна розділити на сектори та вибрати з них однакову кількість точок.

За допомогою діалогового вікна **Пошук околу (Searching Neighborhood)** можна вказати кількість точок (максимум 200), радіус (або велику та малу вісь), число секторів кола (або еліпса) для виконання інтерполяції.

Точки, вибрані у вікні подання даних, визначають ваги кожного вимірюваного значення для виконання інтерполяції значення для місця розташування, зазначеного перехрестям. У даному прикладі п'ять вимірних значень (показані червоним) мають вагу більше, ніж 10 %. Чим більша вага, тим більший вплив робить значення на інтерполяцію для місця розташування, зазначеного перехрестям.

Крок 4. Пошук околу (Searching neighborhood):

- клацніть на попередньому перегляді поверхні для вибору місця розташування інтерполяції (там, де розташовані перехрестя). Зверніть увагу на зміну у виборі положення даних, а також на їх ваги, які будуть використані для розрахунку значення в інтерпольованому місцезнаходженні;

- у поле **Інтерпольованого значення (Predicted Value)** введіть 66 000 для осі *X* та -220 000 для осі *Y*;

- змініть параметр **Копіювати з варіограми (Copy from Variogram)** на значення **Хибне (False)** та введіть 90 в текстове поле **Кут (Angle)** (рис. 1.46).

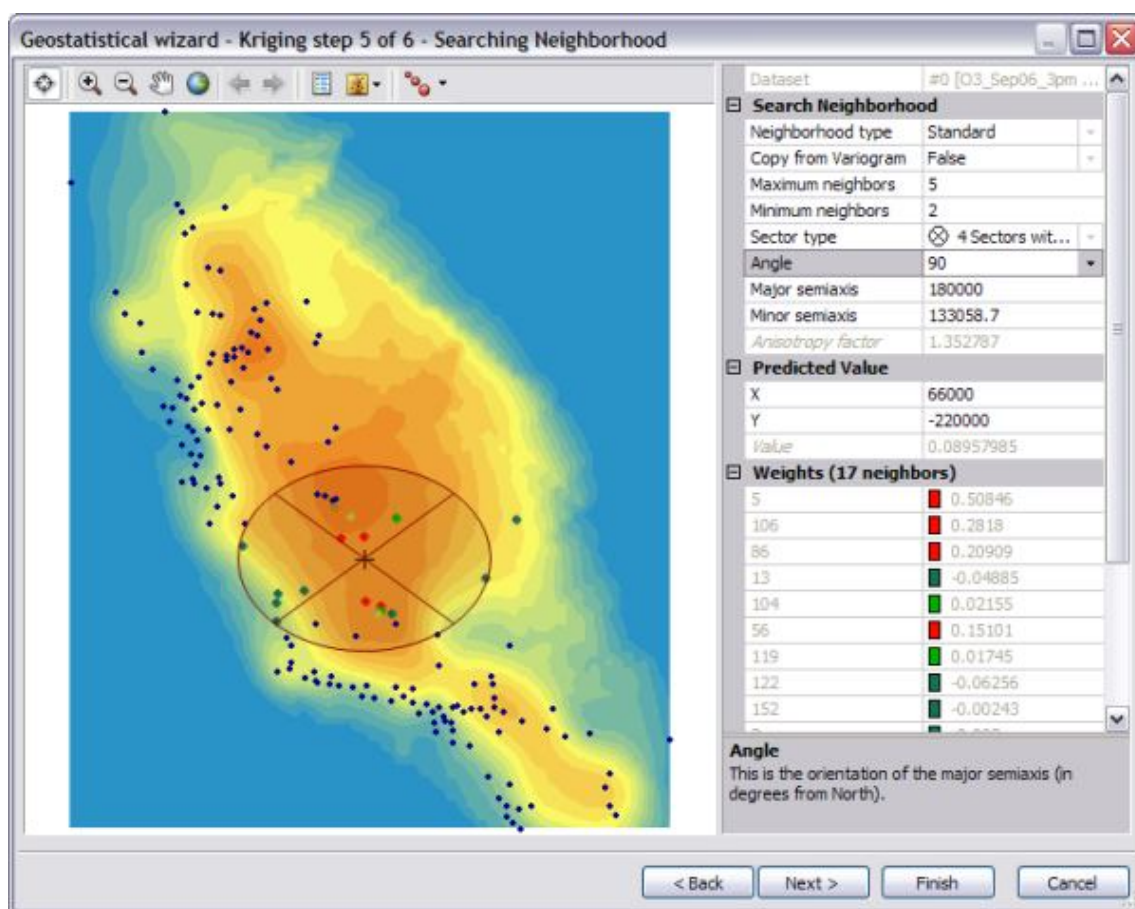


Рисунок 1.46 – Параметр поля Копіювати з варіограми

Відмітьте, як зміниться форма еліпсу пошуку (рис. 1.46).

Для того, щоб враховувати спрямовані впливи, змініть параметр поля **Копіювати з варіограми (Copy from Variogram)** на значення **Істина (True)**; – клацніть на **Далі (Next)**.

З'явиться діалогове вікно **Перехресна перевірка (Cross Validation)**.

Перед безпосереднім створенням поверхні скористайтеся діалоговим вікном **Перехресна перевірка (Cross Validation)** для виконання діагностики параметрів з метою визначення придатності моделі (рис. 1.47).

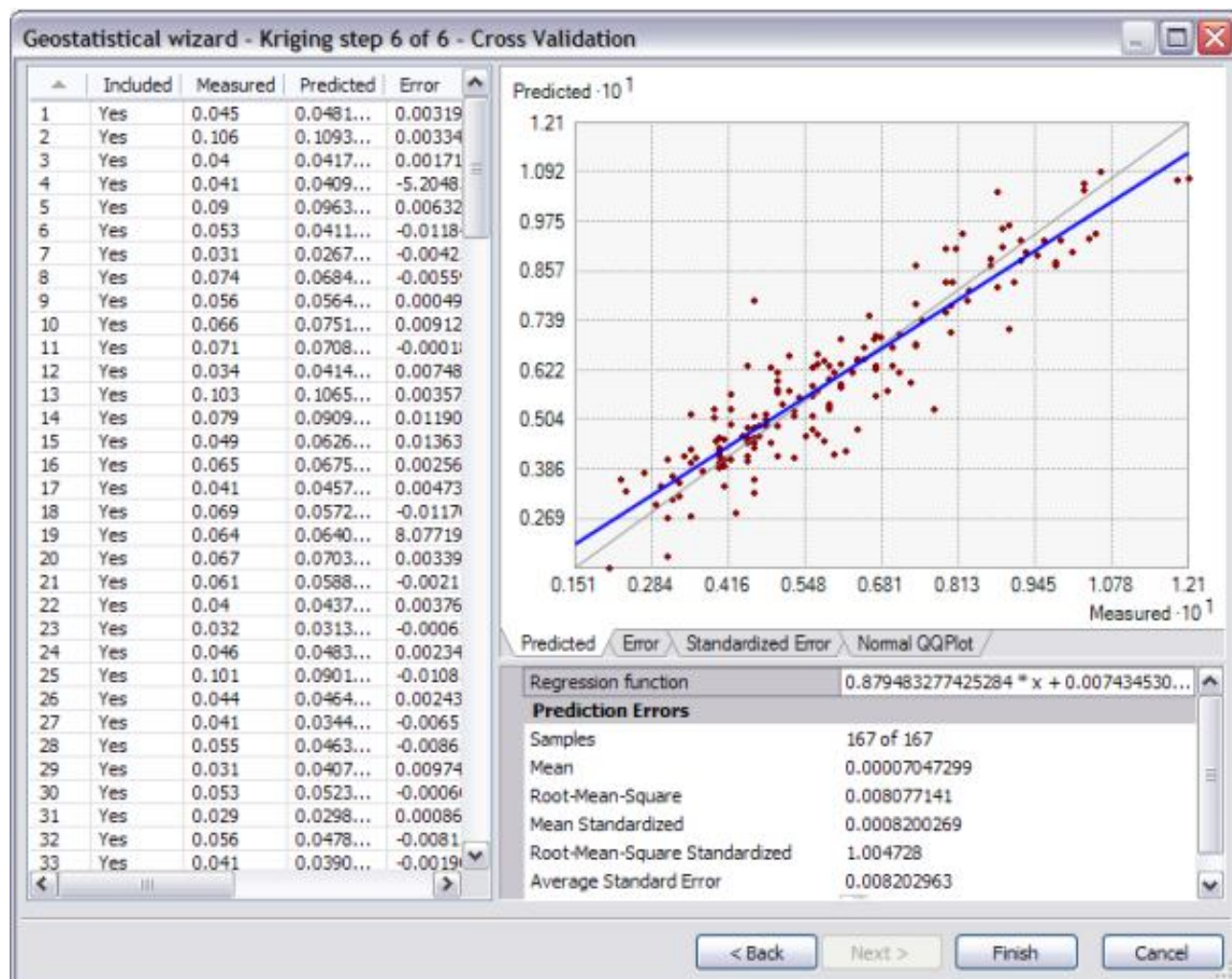


Рисунок 1.47 – Приклад діалогового вікна Перехресна перевірка

Метою перехресної перевірки є прийняття обґрунтованого рішення з приводу того, яка модель забезпечує найточніші інтерполяції. Це дасть загальне уявлення про те, наскільки добре моделі прогнозують невідомі значення.

Перехресна перевірка послідовно пропускає точки в наборі даних та інтерполює значення для розташування точки за допомогою даних, що залишилися. Потім порівнює виміряне та проінтерпольоване значення (різниця між цими значеннями називається помилкою інтерполяції).

Статистичні величини, розраховані по помилках інтерполяції, використовуються для діагностики, що визначає правдоподібність моделі для прийняття рішення та створення карти.

Для оцінки точності моделі перевірте таке:

- середня помилка інтерполяції близька до нуля, що вказує на об'єктивність прогнозів;
- середньоквадратична нормована похибка інтерполяції близька до 1, що вказує на точність стандартних помилок;
- середньоквадратична помилка інтерполяції та середня стандартна помилка малі настільки, наскільки це можливо, що вказує на те, що проінтерпольовані значення несильно відхиляються від вимірених значень.

У діалоговому вікні **Перехресна перевірка (Cross Validation)** також можна відобразити графіки, що демонструють помилку, нормовану помилку та графік КК для кожної точки даних.

Крок 5. Перехресна перевірка:

- виберіть вкладку **Нормальний графік КК (Normal QQPlot)** для відображення відповідного графіку.

На цій вкладці можна побачити, що деякі значення трохи виходять за лінію вище і нижче, але більшість точок знаходяться дуже близько до прямої пунктирної лінії, вказуючи на те, що помилки інтерполяції практично нормально розподілені;

- для вибору місця розташування для конкретної точки клацніть рядок, що відноситься до досліджуваної точки в таблиці. Обрана точка буде відзначена зеленим кольором на графіку КК (рис. 1.48);

- при необхідності клацніть на кнопці **Експортувати таблицю результатів (Export Result Table)** для збереження класу точкових об'єктів з метою проведення подальшого аналізу результатів;

- клацніть на **Готово (Finish)**.

У діалоговому вікні **Звіт методу (Method Report)** надається підсумкове зведення по моделі, яка буде використана для створення поверхні (рис. 1.49);

- клацніть на кнопці **ОК**.

Карта проінтерпольованих значень концентрацій озону з'явиться як верхній шар у ArcMap. За замовчуванням шар бере ім'я методу інтерполяції, який використовувався для створення поверхні, наприклад Крігінг (Kriging);

- клацніть на ім'я шару та змініть його на **Тренд видалено (Trend Removed)**;

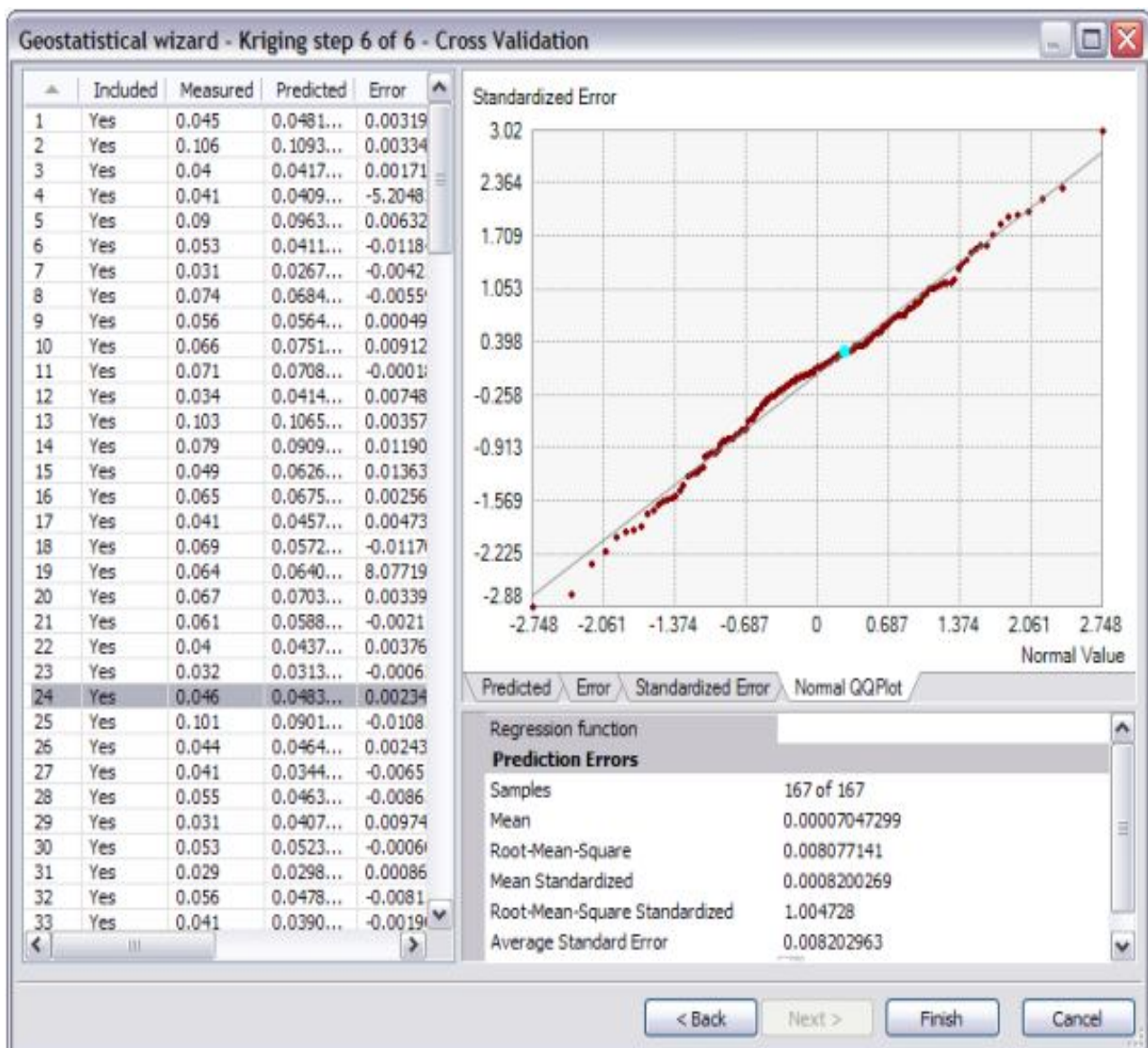


Рисунок 1.48 – Приклад вибору конкретної точки в діалоговому вікні
Перехресна перевірка (Cross Validation)

– для розширення поверхні проінтерпольованих значень з метою охопити всю територію клацніть правою кнопкою миші шар **Тренд видалено (Trend Removed)**, клацніть на **Властивості (Properties)** та перейдіть на вкладку **Екстент (Extent)**. У полі **Встановити екстент (Set the extent to)** виберіть прямокутний екстент `sa_outline` та клацніть на **OK**;

– перетягніть шар `O3_Sep06_3pm` у верхню частину таблиці змісту так, щоб бачити точки на поверхні проінтерпольованих значень;

– клацніть правою кнопкою миші по створеному шарі (рис. 1.50) **Тренд видалено (Trend Removed)** та клацніть на **Змінити заключні дані на Стандартну помилку інтерполяції (Change output to Prediction Standard Error)** (рис. 1.51).

Method Report

Input datasets

Dataset **03_Sep06_3pm**

Location C:\arcgis\ArcTutor\Geostatistical Analyst\ca_ozone.gdb

Type Feature Class

Data field OZONE

Records 167

Method **Kriging**

Type Ordinary

Output type Prediction

Dataset # **1**

Trend type Second

Trend removal Local Polynomial Interpolation

Power 2

Output type Prediction

Exploratory trend surface analysis 0

Searching neighborhood Standard

Type Standard

Neighbors to include 5

Include at least 2

Sector type Four and 45 degree

Angle 151.34765625

Major semiaxis 180000

Minor semiaxis 133058.68675976514

Variogram Semivariogram

Number of lags 12

Lag size 15000

Nugget 2.9540791873246624e-005

Measurement error % 100

Shift ON No

Model type Stable

Parameter 1.6431640625

Range 180000

Anisotropy Yes

Minor range 133058.68675976514

Direction 151.34765625

Partial sill 0.00020587582858609208

Save... OK Cancel

Рисунок 1.49 – Зведення звіту за методом крігінга

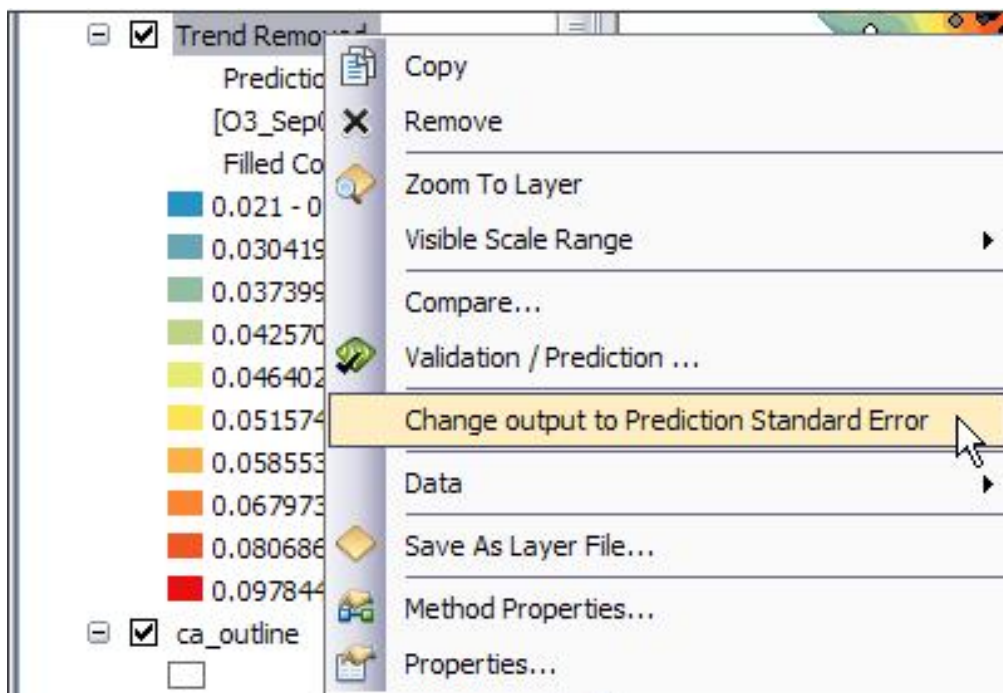


Рисунок 1.50 – Меню Змінити вихідні дані на Стандартну помилку інтерполяції (Change output to Prediction Standard Error)

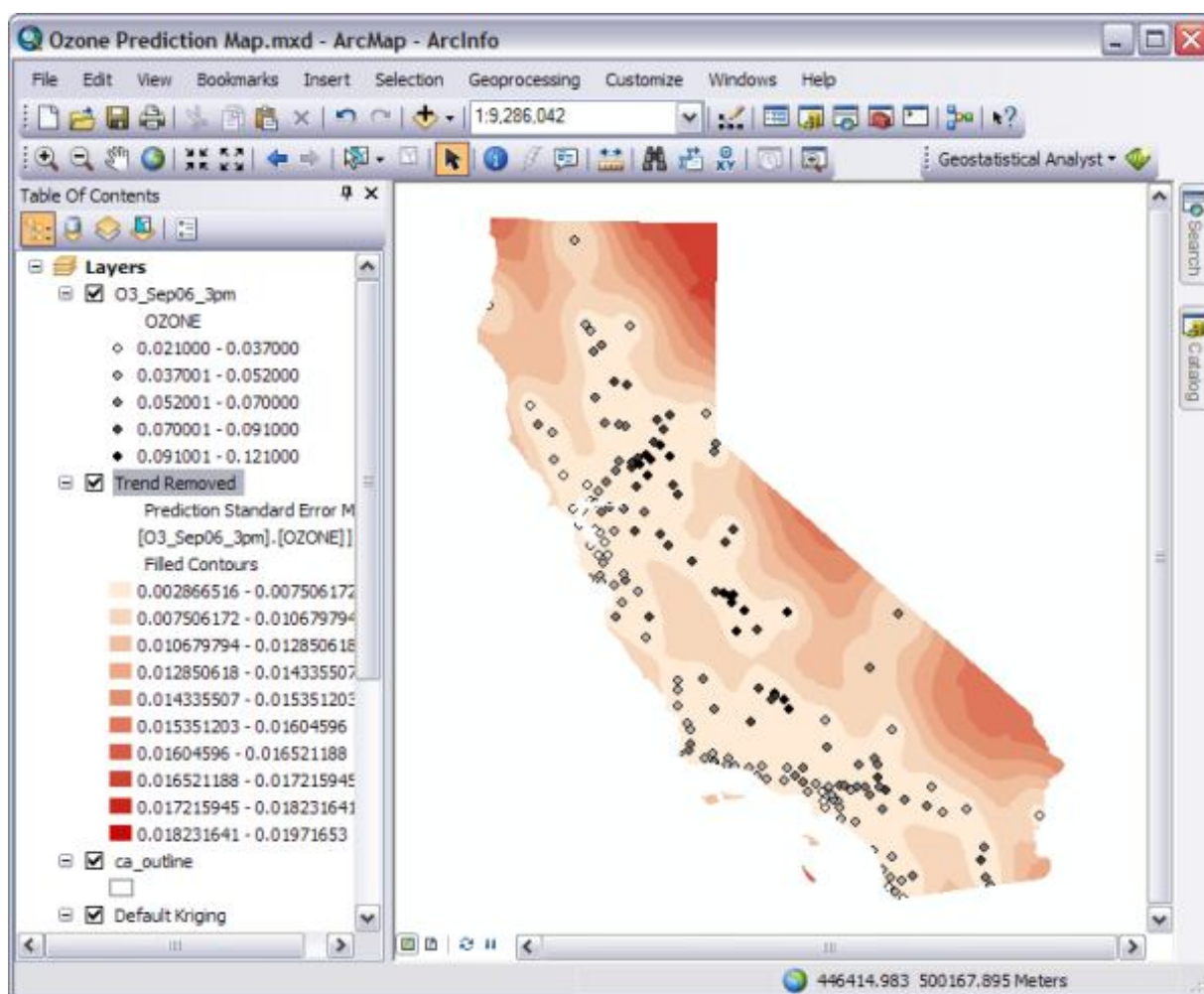


Рисунок 1.51 – Стандартна помилка інтерполяції в ArcMap

Стандартні помилки інтерполяції кількісно визначають невизначеність для кожного місця розташування на створеній поверхні. Просте емпіричне правило полягає в тому, що в 95 % випадків справжнє значення концентрації озону буде знаходитися усередині інтервалу, сформованого проінтерпольованим значенням ± 2 стандартні помилки інтерполяції, виходячи з припущення, що дані нормально розподілені. На поверхні стандартної помилки інтерполяції відзначте, що в положеннях біля опорних точок помилки більш низькі;

– щоб повернутися до карти проінтерпольованих значень концентрації озону, клацніть правою кнопкою миші по створеному шарі **Тренд видалено (Trend Removed)** та клацніть на **Змінити заключні дані на Проінтерпольоване значення (Change output to Prediction)**;

– на панелі інструментів **Стандартні (Standard)** клацніть на **Зберегти (Save)**.

Раніше поверхня використовувала просто значення за замовчуванням у майстрові Geostatistical Wizard без урахування трендів на поверхні та без використання менших розмірів лага або анізотропної моделі варіограми.

Створена поверхня проінтерпольованих значень враховує глобальні тренди в даних та локально спрямовані впливи (анізотропію) на варіограмі.

1.4 Порівняння отриманих моделей інтерполяції

Мета роботи: порівняти дві моделі інтерполяції та визначити, яка з них ефективніша.

Порядок виконання роботи

Перш ніж приступити до цього завдання, необхідно виконати завдання щодо створення поверхні з використанням заданих параметрів та картографування концентрації шкідливого компоненту в атмосфері.

За допомогою інструменту Geostatistical Analyst можна порівнювати прогнози, які відображаються на двох та більше картографічних поверхнях.

Це дає можливість приймати зважене рішення, оскільки модель надає більш точні прогнози концентрації озону, ґрунтуючись на статистичних даних перехресної перевірки.

Необхідно порівняти шар **Тренд видалено (Trend Removed)** з шаром **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)**.

Порівняння отриманих моделей інтерполяції:

– запустіть ArcMap та відкрийте Ozone Prediction Map.mxd;

– клацніть правою кнопкою миші шар **Тренд видалено (Trend Removed)** та клацніть кнопку **Порівняти (Compare)** (рис. 1.52).

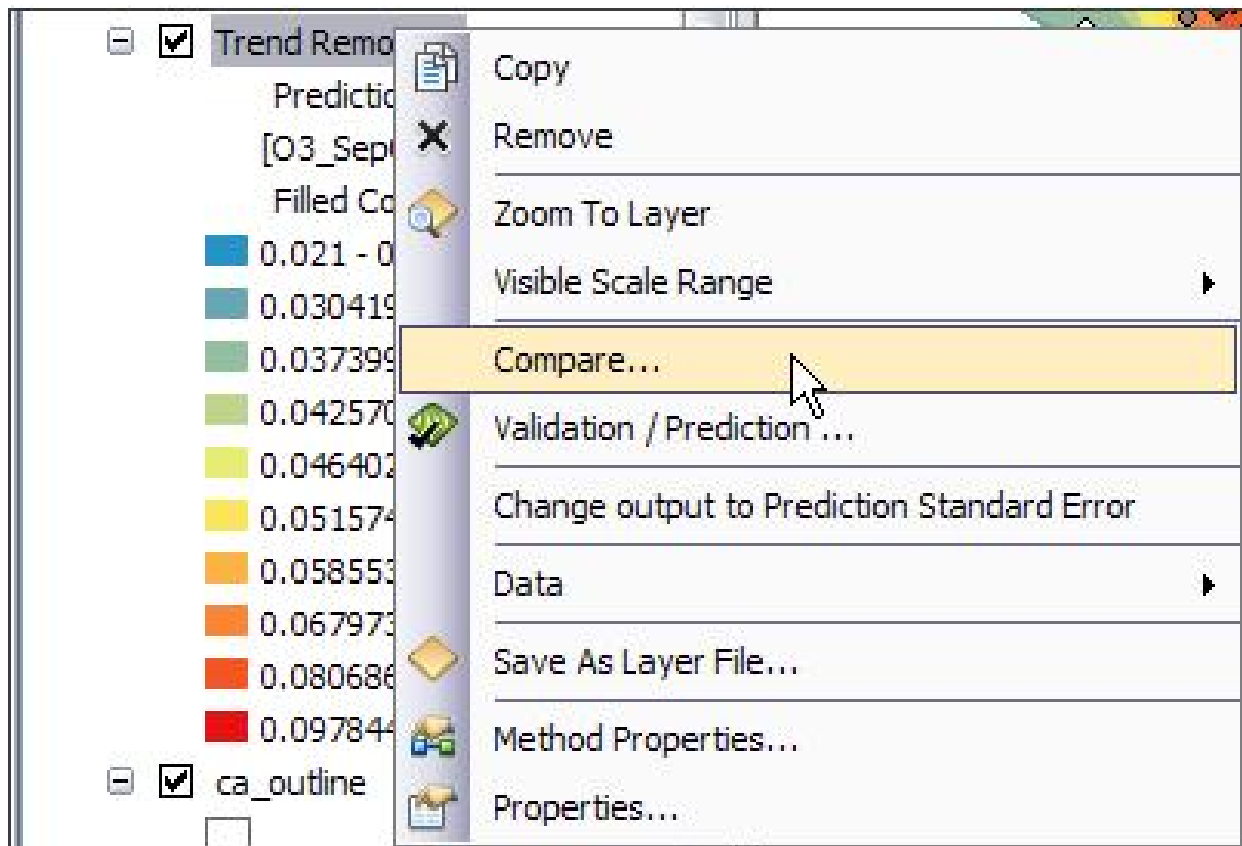


Рисунок 1.52 – Вибір інструменту Порівняти (Compare)

Відкриється діалогове вікно **Порівняння результатів перехресної перевірки (Cross Validation Comparison)** (рис. 1.53) та буде виконано автоматичне порівняння моделі **Тренд видалено (Trend Removed)** з моделлю **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)** (оскільки це єдина модель в таблиці змісту;

– порівняйте статистичні дані перехресної перевірки обох моделей.

Виберіть кращу модель, взявши до уваги такі моменти:

– прогнози повинні бути незміщеними, з середнім значенням помилки прогнозу близьким до 0;

– середньоквадратична нормована похибка прогнозування близька до 1, що вказує на точність стандартних похибок;

– середньоквадратична похибка прогнозування та середня стандартна помилка малі настільки, наскільки це можливо, що вказує на те, що прогнози не сильно відхиляються від виміряних значень;

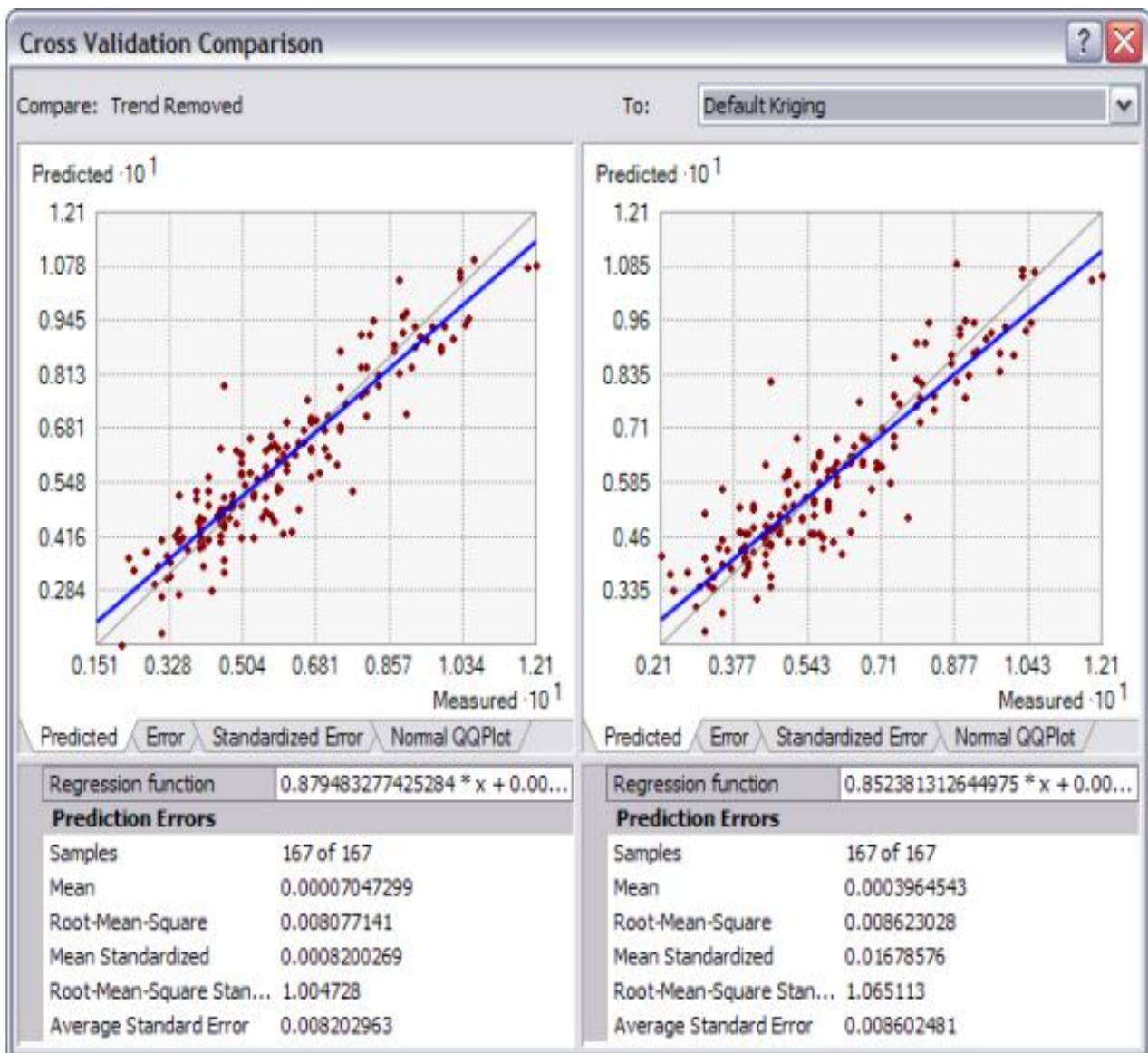


Рисунок 1.53 – Порівняння результатів перехресної перевірки

Крім того, можна використати закладки **Проінтерпольоване значення (Predicted)**, **Помилка (Error)**, **Нормована помилка (Standardized Error)** та **Нормальний графік КК (Normal QQPlot)** для графічного відображення ефективності кожної моделі.

Під час використання цих критеріїв ефективність моделі **Тренд видалено (Trend Removed)** перевищує ефективність моделі **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)**;

– закрийте діалогове вікно **Порівняння результатів перехресної перевірки (Cross Validation Comparison)**;

– клацніть правою кнопкою миші шар **Крігінг за замовчуванням (Default Kriging)** та натисніть кнопку **Видалити (Remove)** (рис. 1.54);

– на панелі інструментів **Стандартні (Standard)** клацніть кнопку **Зберегти (Save)**.

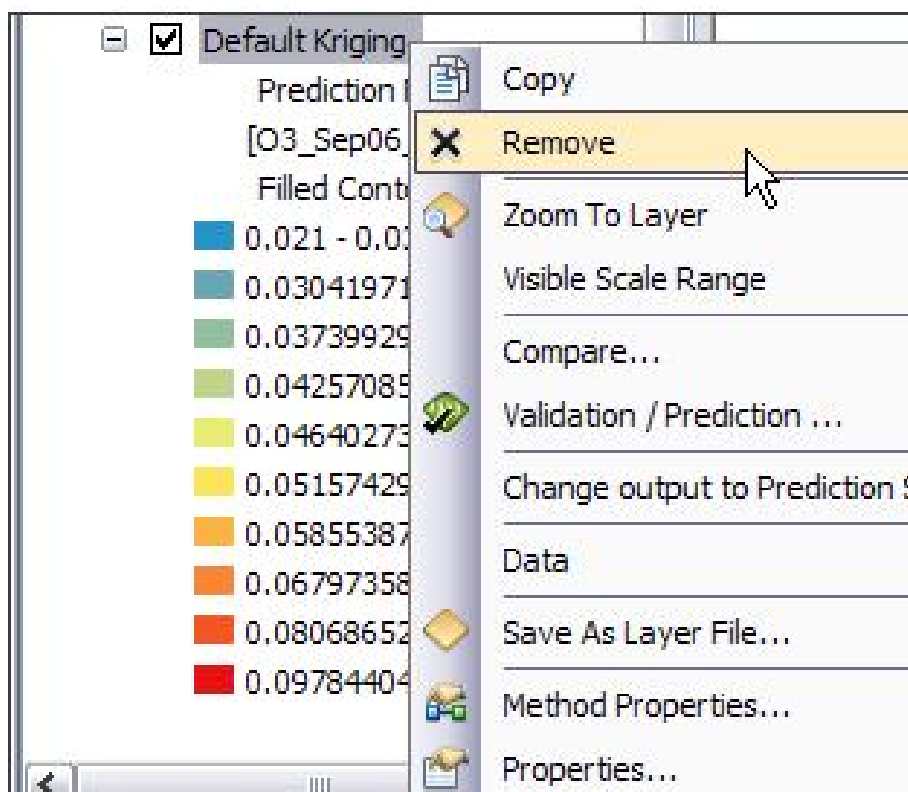


Рисунок 1.54 – Кнопка Видалити

Таким чином, було вибрано кращу з двох поверхонь інтерполяції, але можуть знадобитися і інші типи поверхонь для підтримки аналізу явища, а також для прийняття рішення на основі інтерпольованих значень.

1.5 Картографування вірогідності перевищення критичного значення концентрації шкідливого компоненту в атмосфері

Мета роботи: створити карту вірогідності перевищення певного порогу концентрації озону протягом одногодинного періоду зняття вимірів.

Порядок виконання роботи

Раніше використовувався ординарний крігінг для створення карти концентрації озону за допомогою різних параметрів.

У процесі прийняття рішення необхідно дотримуватися обережності під час використання картки проінтерпольованих значень концентрацій озону для визначення небезпечних зон, оскільки потрібно розуміти невизначеність інтерполяції. Наприклад, припустимо, що значення критичного порогу концентрації озону дорівнює $0,09 \text{ мг/м}^3$ в однодинний період, необхідно встановити, чи перевищується це значення в будь-якому місці розташування.

Для певного положення прогнозоване значення може бути рівним $0,1 \text{ мг/м}^3$, але через невизначеність, пов'язану з інтерполяцією, справжнє значення концентрації озону може бути від $0,07$ до $0,12 \text{ мг/м}^3$.

У процесі прийняття рішення можна використовувати ArcGIS Geostatistical Analyst Extension для картографування вірогідності перевищення порогу значення концентрації озону.

Хоча ArcGIS Geostatistical Analyst Extension надає кілька методів, які можуть впоратися з цим завданням, будемо використовувати найпростіший з доступних методів, *індикаторний крігінг*.

Цьому методу не потрібно, щоб набір даних відповідав конкретного розподілу. Значення даних перетворюються в ряд 0 та 1 відповідно до того, вище або нижче порогу значення даних. При використанні порогу $0,09 \text{ мг/м}^3$ будь-яке значення нижче даного порогу буде встановлено в 0, а значення вище порогу – в 1. Потім індикаторний крігінг застосовує модель варіограми, що розраховується з набору даних 0–1.

Картографування вірогідності перевищення критичного значення концентрації шкідливого компонента в атмосфері:

- запустіть ArcMap та відкрийте Ozone Prediction Map.mxd;
- на панелі інструментів ArcGIS Geostatistical Analyst Extension клацніть **ArcGIS Geostatistical Analyst Extension > Майстер операцій геостатистики (Geostatistical Wizard)**;
- клацніть на **Крігінг / кокрігінг (Kriging / Cokriging)** у списку **Методи (Methods)**;
- у списку **Вихідні дані (Input data)** клацніть на O3_Sep06_3pm;
- у списку **Атрибут (Attribute)** виберіть атрибут **OZONE**;
- клацніть на **Далі (Next)**;
- клацніть **Індикаторний крігінг (Indicator Kriging)**. **Карта ймовірностей (Probability Map)** обрана як тип заключних даних;
- виберіть в полі **Поріг (Threshold)** параметр **Перевищувати (Exceed)**, а потім встановіть для параметра **Основне порогове значення (Primary Threshold Value)** значення $0,09$ (рис. 1.55);
- клацніть на **Далі (Next)**;
- змініть значення в полі **Розмір лага (Lag size)** на $15\ 000$;
- для обліку спрямованої природи даних змініть параметр поля **Анізотропія (Anisotropy)** на **Істина (True)**.

Сині лінії відображають оціночні моделі варіограми в різних напрямках (рис. 1.56);

Geostatistical wizard - Kriging step 2 of 5

Kriging Type	
Ordinary	
Simple	
Universal	
Indicator	
Probability	
Disjunctive	

Output Type	
Probability	
Standard Error of Indicators	

Dataset #1	
Transformation type	None
Order of trend removal	None
Primary Threshold	
Threshold	Exceed
Threshold Value	0.09
Cutoffs	
Number of Cutoffs	0

Рисунок 1.55 – Основне порогове значення

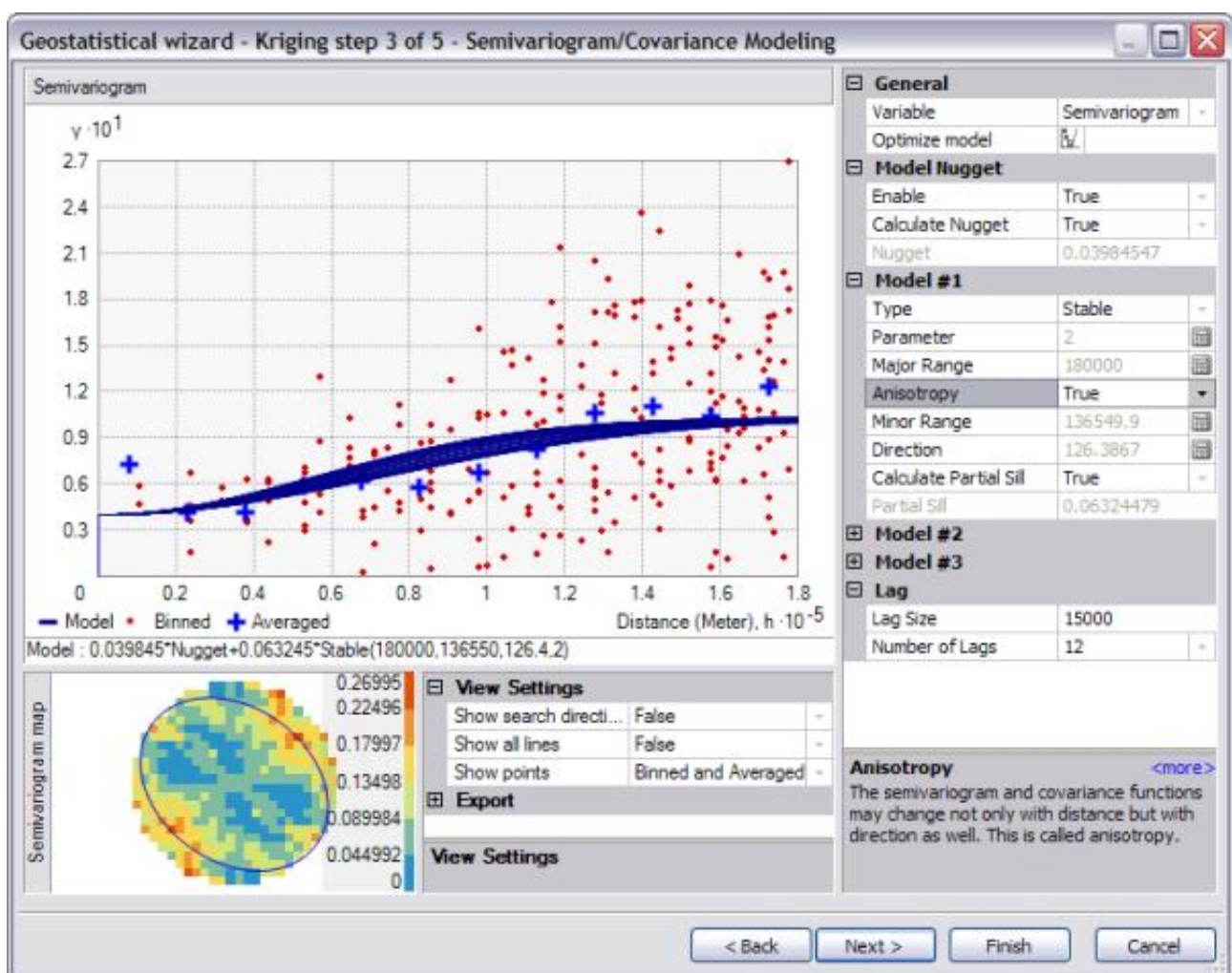


Рисунок 1.56 – Оціночні моделі варіограми в різних напрямках

– клацніть на **Далі (Next)** у діалоговому вікні **Моделювання варіограми/коварианції (Semivariogram/Covariance Modeling)**;

– клацніть на **Далі (Next)** у діалоговому вікні **Пошук околу (Searching Neighborhood)**.

Синя лінія відображає порогове значення ($0,09 \text{ мг/м}^3$). Точки зліва від синьої лінії мають індикаторне значення 0, отримане в результаті перетворення, а точки праворуч від лінії – індикаторне значення 1;

– клацніть по рядку в таблиці з індикаторним значенням 0. Обрана точка буде відображатися зеленим кольором на діаграмі зліва від лінії порогового значення.

У разі, якщо обраний рядок, як на рисунку 1.57, проінтерпольоване значення буде в точності збігатися з індикаторним значенням.

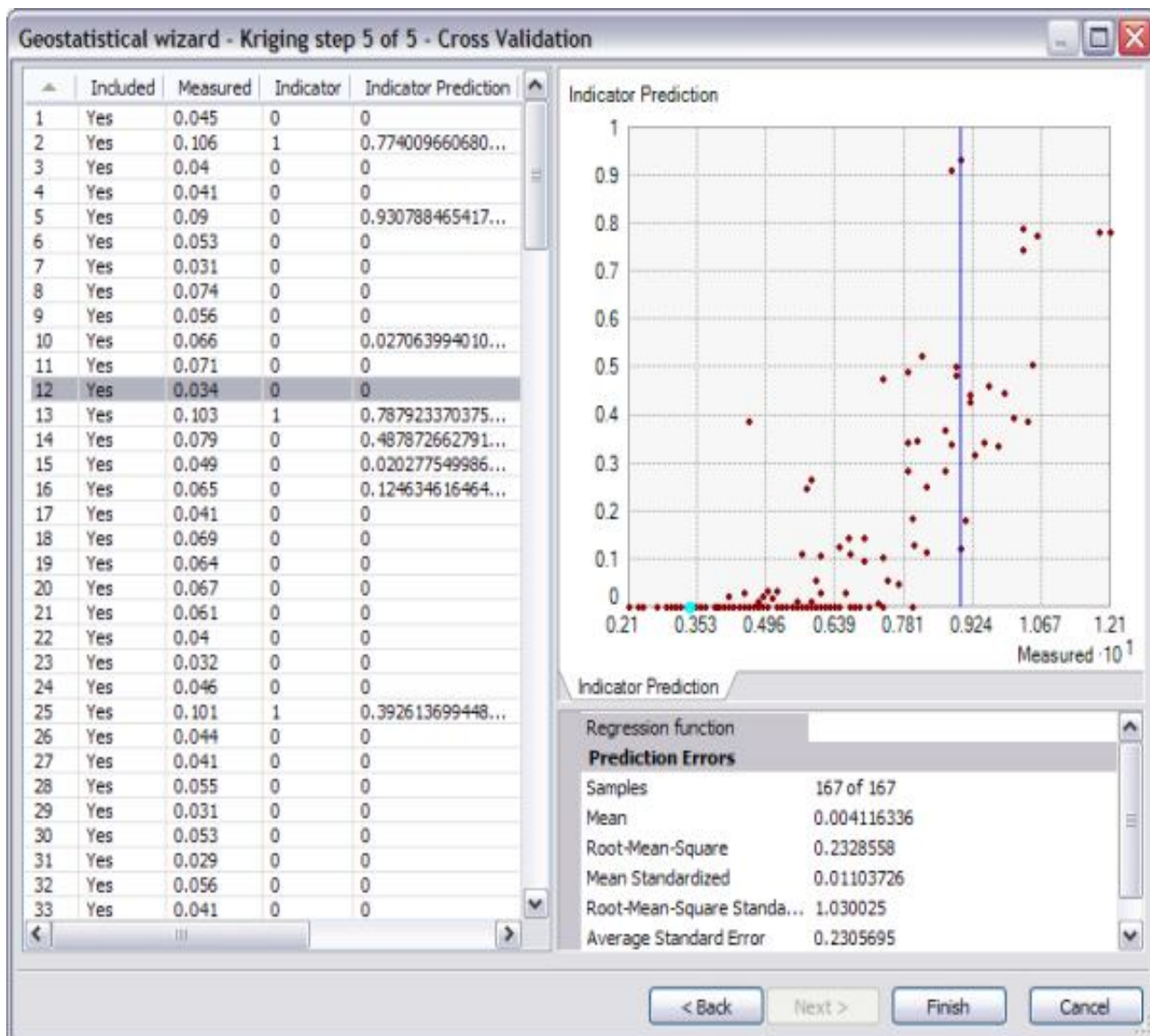


Рисунок 1.57 – Проінтерпольоване значення в точності збігається з індикаторним значенням

Стовпці **Виміряні (Measured)** та **Індикаторні (Indicator)** відображають фактичні та перетворені значення для кожного опорного місця розташування. Індикаторні значення інтерполяції можуть тлумачитися як вірогідність перевищення порогу.

Такі значення розраховуються за допомогою варіограми, змодельованої з двійкових даних (0, 1), які отримані на підставі індикаторного перетворення вихідних даних.

Перехресна перевірка послідовно виключає точку та розраховує індикаторні значення інтерполяції для кожної.

Наприклад, найбільше виміряне значення дорівнює 0,121. Якщо це місце розташування не було фактично виміряно, то модель індикаторного крігінга демонструє приблизно 78 % вірогідності того, що значення концентрації озону в цьому положенні було вище порогу 0,09 мг/м³;

- клацніть на **Готово (Finish)** у діалоговому вікні **Перехресна перевірка (Cross Validation)**;

- клацніть на **ОК** в діалоговому вікні <esri_wintitle> **Звіт методу (Method Report)** </esri_wintitle>.

Карта вірогідності концентрації озону з'явиться як верхній шар у ArcMap. На карті відображаються індикаторні значення інтерполяції, що розглядаються як вірогідність перевищення порогового значення 0,09 мг/м³ у період з 15:00 до 16:00 6 вересня 2016 року (рис. 1.58).

Виходячи з даних карти ясно, що в центральній частині є вірогідність перевищення порогового значення концентрації озону 0,09 мг/м³;

- змініть ім'я шару на **Індикаторний крігінг (Indicator Kriging)**;

- перетягніть шар **Індикаторний крігінг (Indicator Kriging)** та відпустіть між шарами **ОЗ_Sep0_3pm** і **Тренд видалено (Trend Removed)**;

- клацніть правою кнопкою миші шар **Індикаторний крігінг (Indicator Kriging)** та клацніть на **Властивості (Properties)**;

- клацніть вкладку **Екстент (Extent)** та виберіть прямокутний екстент **ca_outline**;

- клацніть **Застосувати (Apply)**;

- перейдіть на вкладку **Символи (Symbolology)**;

- вимкніть опцію **Контур із заливкою (Filled Contours)** та включіть опцію **Ізолінії (Contours)**;

- клацніть **Ізолінії (Contours)** – з'явиться символ ізоліній (ліній). Виберіть кольорову схему від зеленого до синього (рис. 1.59);

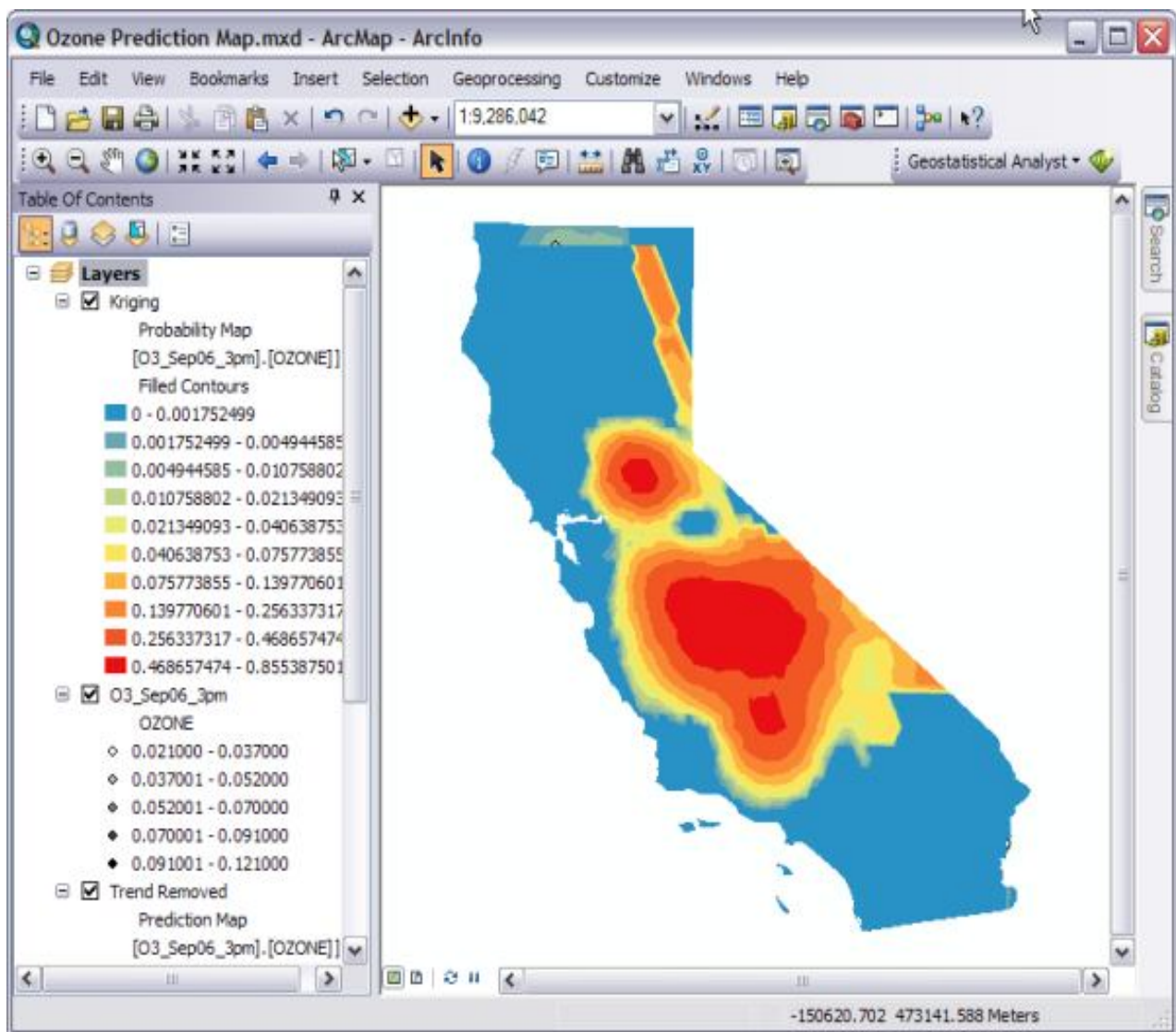


Рисунок 1.58 – Карта вірогідності концентрації озону

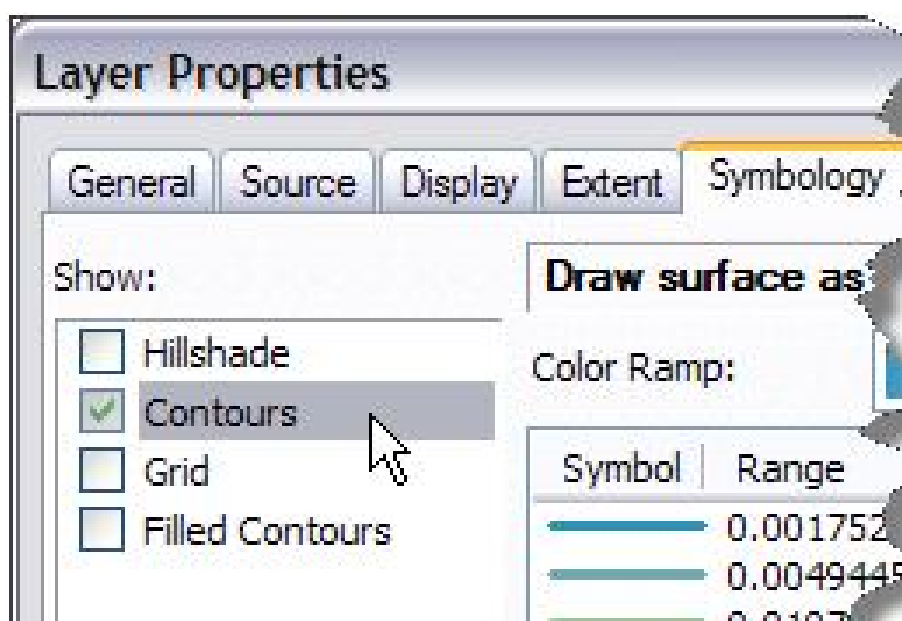


Рисунок 1.59 – Опцію Ізолінії (Contours)

– клацніть на кнопці **Класифікувати (Classify)**. У діалоговому вікні **Класифікація (Classification)** (рис. 1.60) змініть параметр **Метод (Method)** на **Рівні інтервали (Equal Interval)**, а **Класи (Classes)** на 5;

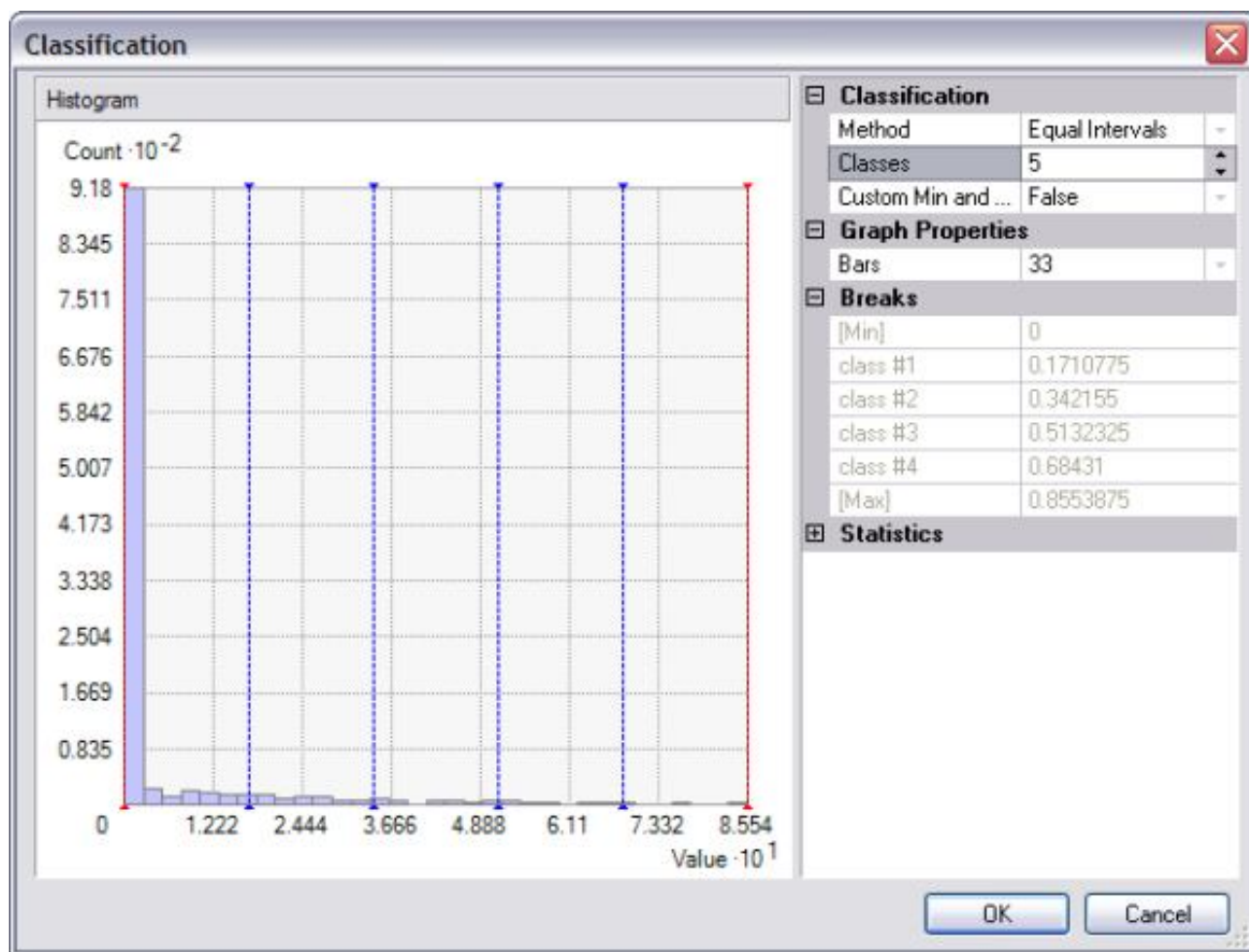


Рисунок 1.60 – Діалогове вікно Класифікація

– клацніть на **ОК**, потім знову клацніть на **ОК**.

Тепер поверх проінтерпольованої поверхні концентрацій озону відображаються синьо-зелені ізолінії. На карті відображаються області високих та низьких проінтерпольованих значень концентрації озону, а також області високої вірогідності того, що концентрація перевищує стандарти якості атмосфери в ході одногодинних замірів (рис. 1.61);

– можете додати в проект набір даних `sa_hillshade` з `C:\ArcGIS\ArcTutor\ArcGIS Geostatistical Analyst Extension`. Набір необхідно додавати в нижню частину таблиці змісту та відображати в чорно-білій гамі;

– клацніть правою кнопкою миші шар **Тренд видалено (Trend Removed)**, клацніть на **Властивості (Properties)** та перейдіть на вкладку **Відображення (Display)**;

– встановіть прозорість рівну 30 % та клацніть на **ОК** (рис. 1.62);

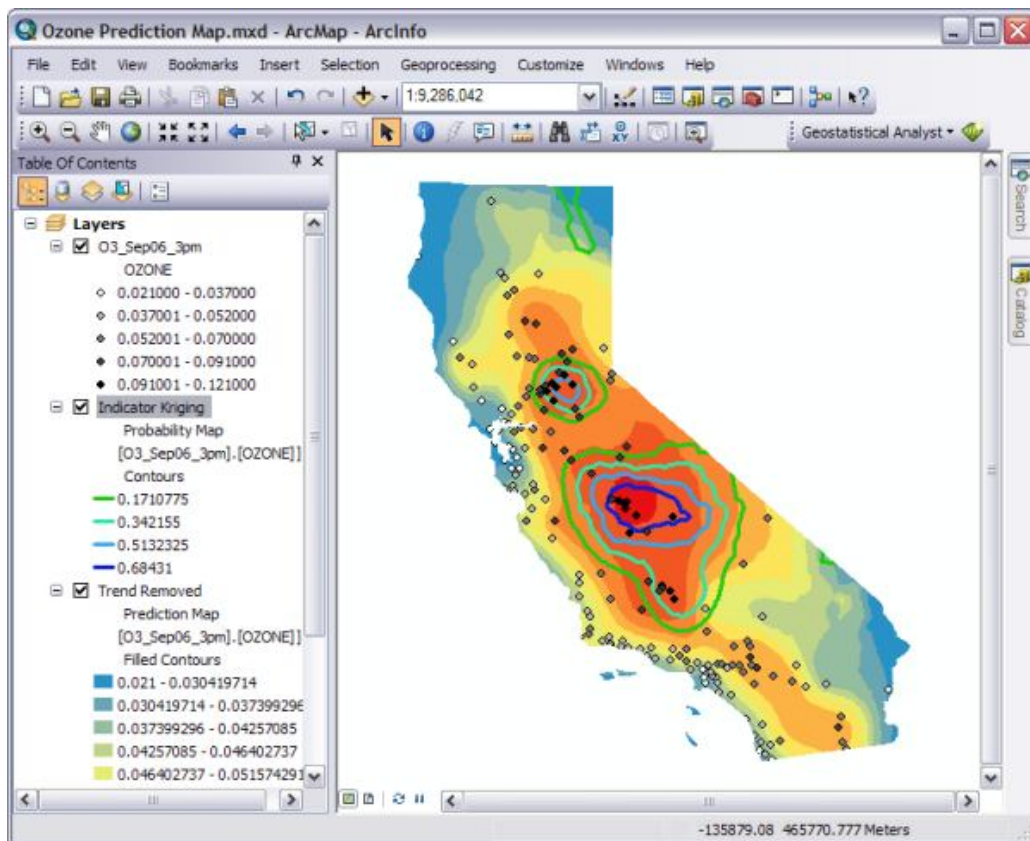


Рисунок 1.61 – Области високих та низьких проінтерпольованих значень концентрації озону

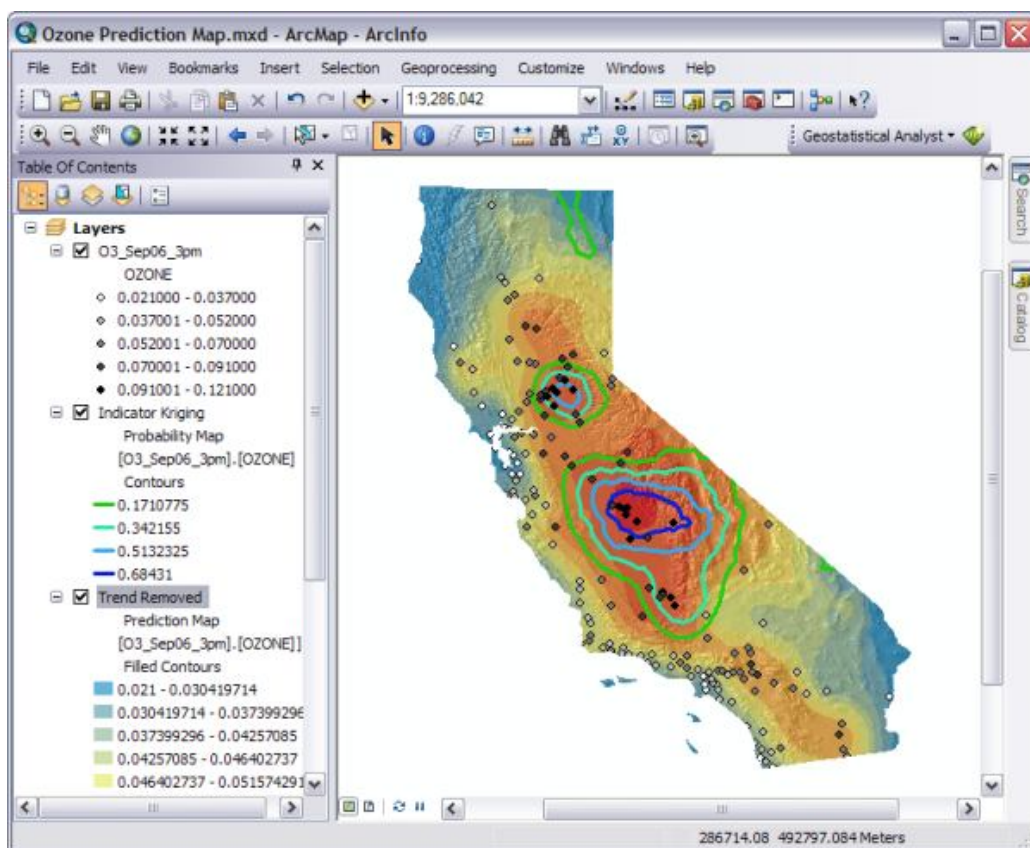


Рисунок 1.62 – Прозорість рівна 30 %

– для збереження карти клацніть на **Зберегти (Save)** на панелі інструментів **Стандартні (Standard)**.

Таким чином, відбулося ознайомлення з майстром Geostatistical Wizard, дослідженням даних за допомогою інструментів ESDA, ординарним крігінгом (під час використання значень параметрів, встановлених за замовчуванням та більш точних параметрів) для інтерполяції значень концентрації озону, а також індикаторним крігінгом для побудови карти вірогідностей того, що концентрація озону перевищить критичне порогове значення.

У майстрі Geostatistical Wizard є множина інших методів інтерполяції, і деякі з них оснащені інструментами геообробки, які можна застосовувати у вікні ModelBuilder.

1.6 Створення заключного варіанту карти на основі статистичного аналізу забруднення атмосфери

Мета роботи: створити заключний варіант карти на основі статистичного аналізу забруднення атмосфери.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Відображення отриманих поверхонь.

У результаті виконання геостатистичного аналізу, за допомогою інструменту Geostatistical Analyst було порівняно прогнози, які відображаються на двох та більше картографічних поверхнях.

Це дає можливість приймати зважене рішення, оскільки модель надає більш точні прогнози концентрації озону, ґрунтуючись на статистичних даних перехресної перевірки (рис. 1.63).

Крок 2. Експоляція значень концентрації шкідливого компонента в атмосфері.

Метод експоляції має широке використання. Найбільшого поширення отримала така форма екстраполяції. Наприклад, отримані дані про величину забруднення в межах контуру певного типу ландшафтного комплексу. Якщо є впевненість в тому, що забруднення мало фоновий характер, тобто поширення йшло повітряним шляхом, то є висока вірогідність того, що на всіх ділянках з таким типом ландшафту буде аналогічне забруднення.

Однак, якщо забруднення носило просторово нерівномірний характер, то екстраполяція такого типу неточна.

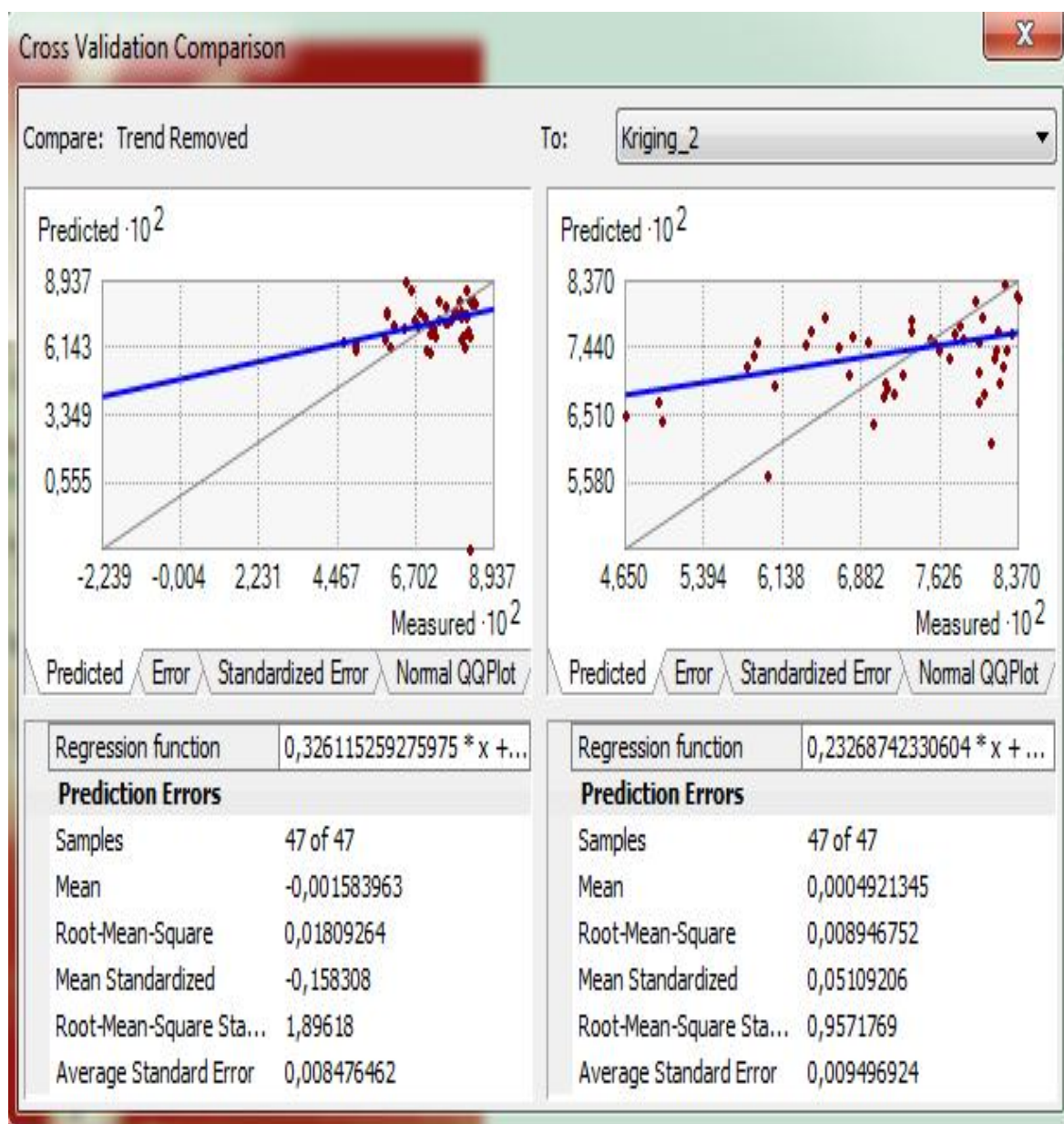


Рисунок 1.63 – Отримані моделі

Вибір точок спостережень та моментів спостережень залежить від територіальної і часової структури досліджуваного об'єкта.

Завдання по-різному вирішується для динамічних (транспортують забруднення) та депонованих (накопичують забруднення) компонентів природного середовища (рис. 1.64).

Крок 3. Створення компоновки

Вид компонування використовується для роботи з елементами компонування карти, наприклад, заголовками, стрілкою півночі, масштабними лініями (рис. 1.65), а також з фреймами даних, які можна розмістити на одній сторінці. Як правило, тут використовується сторінкова область (в основному, дюйми або сантиметри).

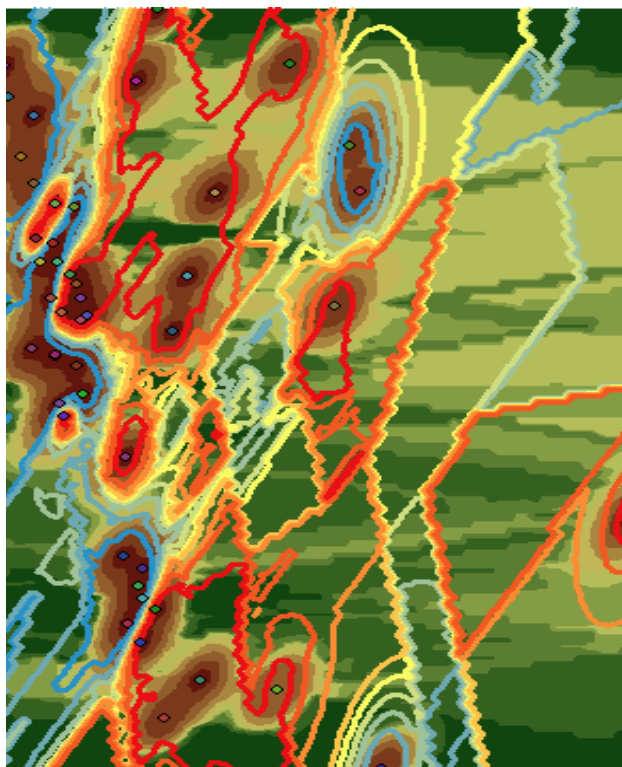


Рисунок 1.64 – Зміна екстену геостатистичного шару

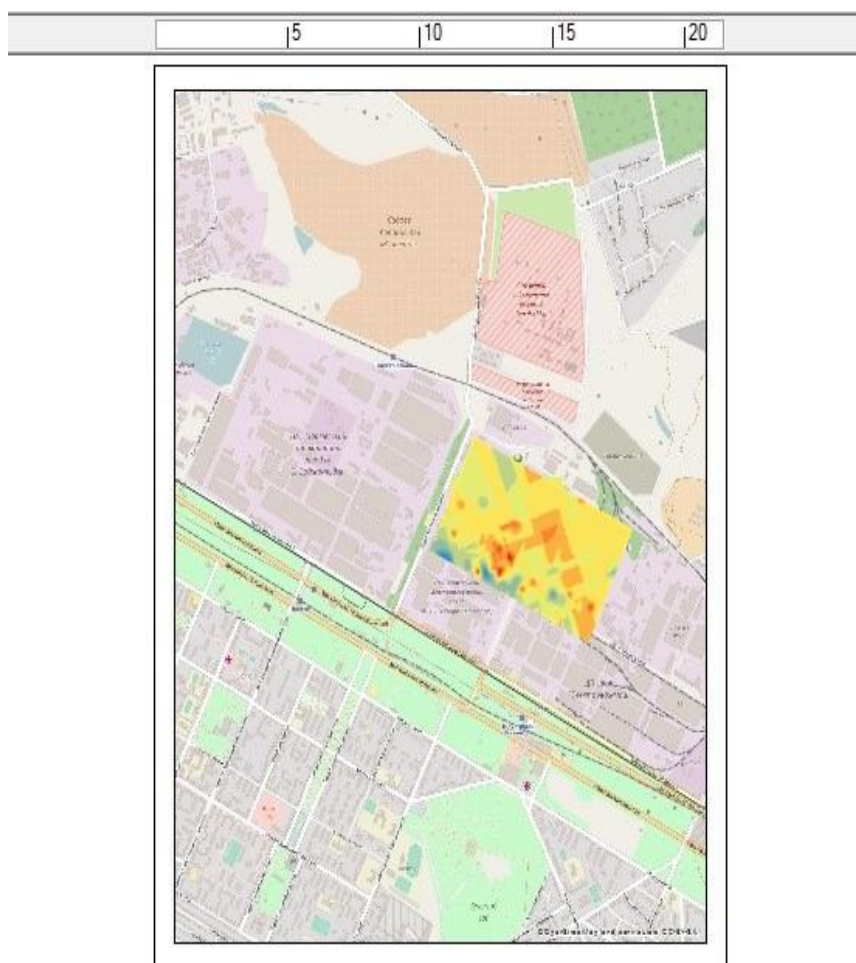


Рисунок 1.65 – Карта у вигляді компоновки

Крок 4. Додавання відмивки та прозорості.

Відмивка рельєфу застосовується переважно для гірських районів, де напівтони надають рельєфу більшу наочність. Відмивка рельєфу на карті створює враження бічного висвітлення рельєфної моделі, коли освітлений схил показується світлішими тонами, а затінений – темнішими (рис. 1.66).

Спосіб відмивки під час зображення рельєфу на карті практично завжди використовується в сполученні з іншими способами (ізоліній, висотних відміток, гіпсометричний), так як сам по собі не здатний передати рельєф земної поверхні засобами, придатними для проведення вимірів висот.

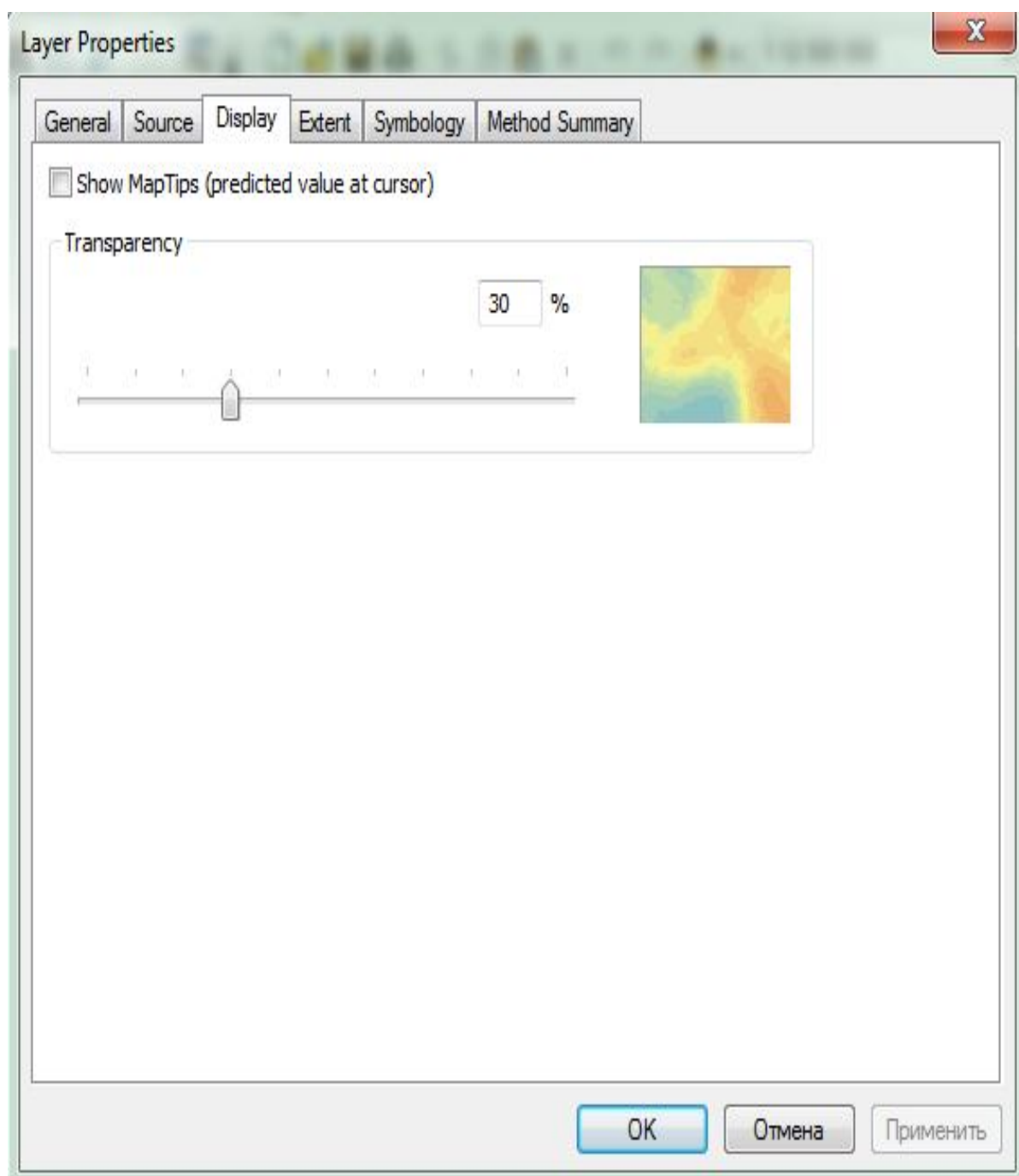


Рисунок 1.66 – Додавання прозорості

Крок 5. Додавання елементів карти.

На карту додаються використані під час обробки елементи (рис. 1.67).

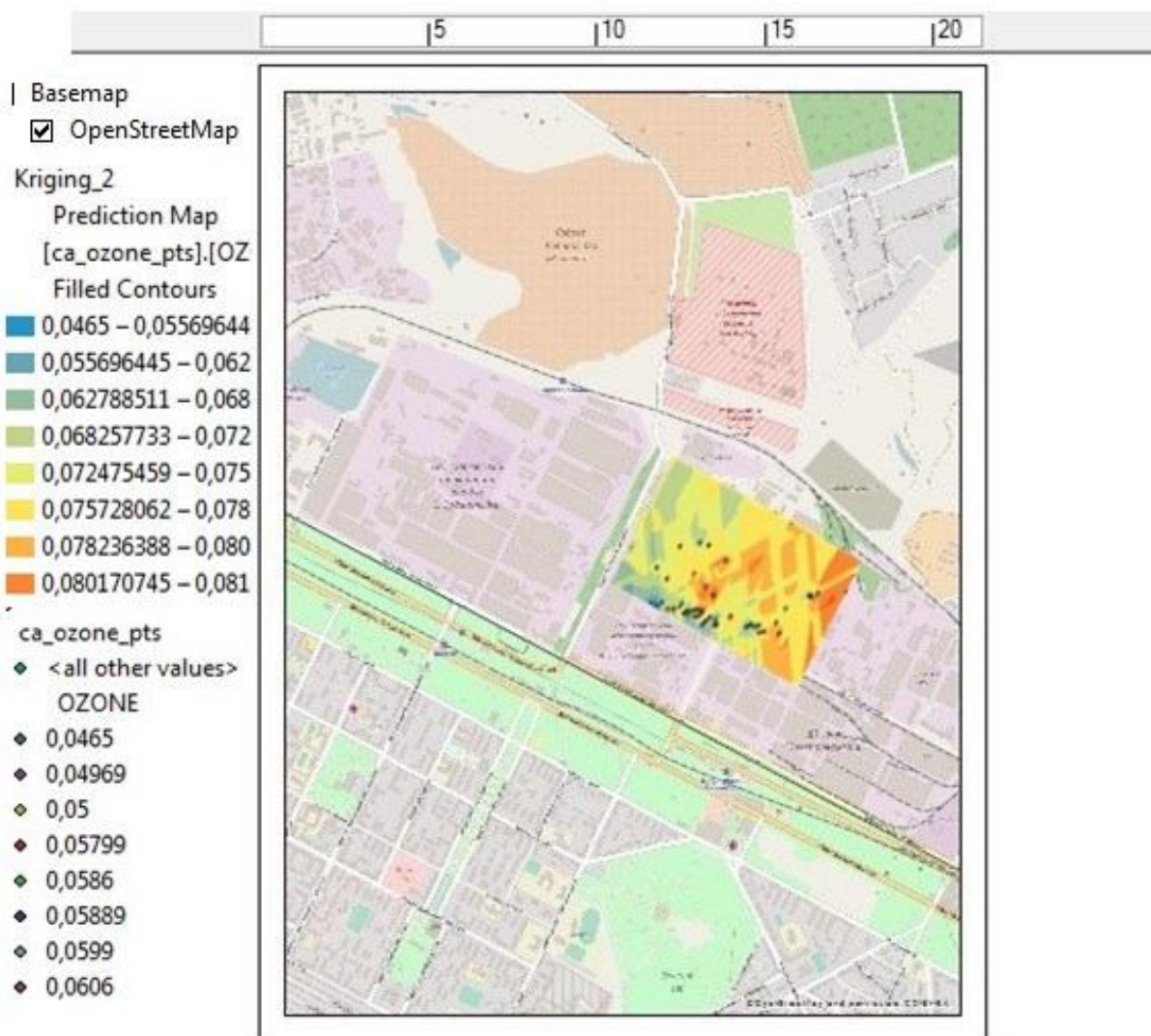


Рисунок 1.67 – Елементи карти

У ArcGIS Geostatistical Analyst можливо легко створити безперервну поверхню або карту на основі вимірів, збережених в точковому векторному або растровому шарі, або при використанні Центроїду полігонів.

Як опорні точки можуть виступати такі вимірювання: висота, глибина води або рівні забруднення.

Під час використання спільно з ArcMap ArcGIS Geostatistical Analyst надає великий набір інструментів для створення поверхонь, які полегшують візуалізацію, аналіз та розуміння просторових явищ.

2 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота є складовою частиною навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» та призначена для практичного закріплення і розширення отриманих теоретичних знань.

Розрахунково-графічна робота виконується по темі «Застосування геоінформаційних систем до статистичного аналізу забруднення атмосфери» – 15 годин.

Кожний студент виконує індивідуальне завдання, що видане викладачем.

2.1 Структура розрахунково-графічної роботи

За результатами розрахунково-графічної роботи оформлюється пояснювальна записка згідно вимог ДСТУ 3008-95 та ДСТУ ГОСТ 7.1:2006.

Пояснювальна записка повинна містити:

- вступ;
- опис предметної та проблемної області дослідження;
- характеристика вихідних статистичних даних проблеми, що досліджується;
- вибір інструментального засобу для вирішення поставленого завдання;
- побудова поверхні за заданими параметрами;
- методологія підбору поверхні;
- картографування концентрації шкідливого компонента в атмосфері;
- порівняння отриманих моделей;
- картографування вірогідності перевищення критичного значення концентрації шкідливого компонента в атмосфері;
- створення заключного варіанту карти;
- висновок;
- список використаних джерел.

У вступі необхідно сформулювати мету роботи та показати актуальність проведеного дослідження.

У розділі «Опис предметної та проблемної області дослідження» надати короткий опис предметної області та особливості проблемної області дослідження.

У розділі «Характеристика вихідних статистичних даних проблеми, що досліджується» навести повну характеристику всіх вихідних статистичних даних проблеми, що має бути дослідженою.

Під час вибору інструментального засобу для вирішення поставленого завдання провести порівняльний аналіз відомих програмних засобів, які працюють з просторовими даними.

У розділі «Побудова поверхні за заданими параметрами» поетапно продемонструвати процес побудови поверхні за заданими викладачем параметрами, застосовуючи геоінформаційні технології.

У розділі «Методологія підбору поверхні» за допомогою вибраного інструментального засобу побудувати нормальний графік квантиль-квантиль, визначити наявні глобальні тренди, а також просторову автокореляцію та вплив за напрямом.

У розділі «Картографування концентрації шкідливого компонента в атмосфері», застосовуючи геоінформаційні технології, провести моделювання варіограми та коваріації, варіограми за напрямками, пошук сусідства, перехресну перевірку.

Під час порівняння отриманих моделей виявити закономірності, особливості, розходження в результатах та можливі похибки.

У розділі «Картографування вірогідності перевищення критичного значення концентрації шкідливого компонента в атмосфері» за допомогою вибраного інструментального засобу провести картографування, зазначити межу критичного значення концентрації шкідливого компонента в атмосфері, виявити розмір перевищення концентрації шкідливого компонента в атмосфері стосовно критичного значення, виявити джерело шкідливого компонента в атмосфері та запропонувати методи зменшення концентрації шкідливого компонента в атмосфері до допустимого значення.

Під час створення заключного варіанту карти, застосовуючи геоінформаційні технології, необхідно надати відображення отриманих поверхностей, експлікацію значень концентрації шкідливого компонента в атмосфері, створити компоновку, додати відмітку та прозорість, а також необхідні елементи карти.

У висновку повинні бути підведені підсумки щодо застосування геоінформаційних систем до статистичного аналізу забруднення атмосфери.

Список використаних джерел повинен містити посилання на основну літературу, що використана під час виконання розрахунково-графічної роботи.

2.2 Правила оформлення розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічну роботу оформлюють на аркушах формату А4 (210×297 мм). Текст роботи слід друкувати, додержуючись таких розмірів полів: верхнє, лівє і нижнє – не менше 20 мм, правє – не менше 10 мм.

Гарнітура шрифту роботи – Times New Roman (Суг), кегль – 14, колір друку – чорний, міжрядковий інтервал – полуторний. Щільність тексту повинна бути рівномірною (без розріджень і ущільнень). Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту і дорівнювати п'яти знакам.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Заголовки структурних елементів роботи і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Нижче кожного розділу повинно бути залишено не менше одного вільного рядка. Вище і нижче кожного підрозділу повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою.

Сторінки роботи слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації по всьому тексту. Номер сторінки проставляється в правому верхньому кутку сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок звіту. Номер сторінки на титульному листі не проставляють.

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти роботи слід нумерувати арабськими цифрами. Розділи роботи повинні мати порядкову нумерацію в межах викладення суті роботи і позначатися арабськими цифрами без крапки, наприклад, 1, 2, 3...

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, розділених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 і т.д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу або підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу і порядкового номера пункту, або з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремлених крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 або 1.1.1, 1.1.2 і т.д.

Якщо розділ або підрозділ складається з одного пункту, або пункт складається з одного підпункту, його нумерують.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розташовувати в роботі безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у роботі. Якщо ілюстрації створені не автором звіту, то необхідно дотримуватися вимог чинного законодавства про авторські права.

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. При необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (під рисунковий текст). Ілюстрація позначається словом «Рисунок», яке разом з назвою ілюстрації поміщають після пояснювальних даних, наприклад, «Рисунок 3.1 – Схема розміщення». Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, наприклад, рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу.

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці.

На всі таблиці повинні бути посилання в тексті звіту.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться в додатках. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу. Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва повинна бути короткою і відбивати зміст таблиці.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за межі формату сторінки, таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під одною, або поруч, або переносячи частину таблиці на наступну сторінку, повторюючи в кожній таблиці її головку і боковик.

При поділі таблиці на частини допускається її головку або боковик замінити відповідно номерами граф чи рядків, нумеруючи їх арабськими цифрами у першій частині таблиці.

Напис «Таблиця 2.2 – Назва таблиці» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими пишуть: «Продовження таблиці 2.2» із зазначенням номера таблиці.

Заголовки граф таблиці друкують з великих літер, а підзаголовки – з малої, якщо вони складають одне речення із заголовком.

Перерахування, при необхідності, можуть бути приведені всередині пунктів або підпунктів. Перед перерахуванням ставлять двокрапку.

Перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру українського алфавіту з дужкою, або, не нумеруючи – дефіс (перший рівень деталізації).

Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації).

Приклад:

а) вступна частина роботи;

б) основна частина роботи:

1) вступ;

2) розділи роботи;

3) висновки;

в) додатки.

Перерахування першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого рівня – з відступом щодо місця розташування перерахувань першого рівня.

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Формули та рівняння слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні.

Пояснення значення кожного символу і числового коефіцієнта слід давати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки. Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. Коли переносять формули чи рівняння на знаку операції множення, застосовують знак «*».

Посилання в тексті на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками. Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, в якому вони вперше згадуються в тексті. Бібліографічні описи в переліку посилань подають на мові оригіналу.

2.3 Приклади бібліографічного опису в переліку посилань

Книга одного автора:

Андреев, В. В. Как организовать делопроизводство на предприятии [Текст] / В. В. Андреев. – М. : ИНФРА-М, 1997. – 94 с.

Книга двох авторів:

Белов, А. В. Финансы и кредит [Текст]: учеб. / А. В. Белов, В. Н. Николаев. – Киев : Университет, 2004. – 215 с.

Книга трьох авторів:

Агафонова, Н. Н. Гражданское право [Текст]: учеб. пособие / Н. Н. Агафонова, Т. В. Богачева, Л. И. Глушкова; под общ. ред. А. Г. Калпина. – Харьков : Фактор, 2000. – 542 с.

Книга чотирьох авторів:

Элементы информатики [Текст]: довідник / В. С. Височанський, А. І. Кардаш, В. С. Костев, В. В. Черняхівський. – Київ : Наукова думка, 2003. – 192 с.

Книга п'яти авторів та більше:

Коротковолновые антенны [Текст]: учеб. пособие / Г. З. Айзенберг, С. П. Белоусов, Я. М. Журбин и др.; под общ. ред. А. А. Стогния. – М. : Радио и связь, 2003. – 192 с.

Перекладне видання:

Нойман, Э. Происхождение и развитие сознания [Текст]: пер. с англ. – Киев : Ваклер, 1998. – 462 с.

Книги під заголовком:

Информационные технологии в маркетинге [Текст]: учеб. / под ред. Г. А. Титаренко. – М. : ЮНИТИ, 2000. – 335 с.

Статті із журналів:

Гончаров, В. А. Численная схема моделирования дозвуковых течений вязкого сжимаемого газа [Текст] / В. А. Гончаров, В. М. Кравцов // Журнал вычислительной математики и мат. физики. – 1988. – Т. 28, №12. – С. 1858-1866.

Збірники наукових праць:

Отчет о выполнении плана НДР за 2003 год [Текст]: сб. науч. тр. / Рос. Акад. мед. наук, Сиб. отд. – Новосибирск : СО РАМН, 2004. – 83 с.

Тези конференцій:

Образование, наука, производство на пути углубления интеграции и повышения качества инженерного образования [Текст]: тез. докл. науч.-практ. конф. (окт. 2000) / отв. ред. В. Г. Вдовенко. – Красноярск : САА, 2000. – 53 с.

Дисертації:

Антопольский, А. Б. Описание информационных языков [Текст]: дис. ... канд. филол. наук / А. Б. Антопольский. – Москва, 1969. – 404 с.

Матеріали конференцій:

Проблемы экономики, организации и управления реструктуризацией и развитием предприятий промышленности [Текст]: материалы IV междунар. науч.-практ. конф., 30 марта 2005 г. Новочеркасск / редкол. : Б. Ю. Серебряков (отв. ред.). – Новочеркасск : Темп, 2005. – 58 с.

Автореферати дисертацій:

Бутковский, О. Я. Обратные задачи хаотичной динамики и проблемы предсказуемости хаотичных процессов [Текст]: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.04.03 / О. Я. Бутковский; [Ин-т радиотехники и электроники РАН]. – М., 2004. – 39 с.

Віддаленого доступу:

Основные направления исследований, основанные на семантическом анализе текстов [Электронный ресурс] / С.-Петербург. гос. ун-т, фак. прикладной математики – процессов управления. – Режим доступа: www/ URL: <http://arcr.arpmath.spbu.ru/ru/staff/tuzov/onapr.html/> – 10.12.2016 г. – Загл. с экрана.

Локального доступу:

Internet шаг за шагом [Электронный ресурс]: интеракт. учеб. – Электрон. дан. и прогр. – СПб. : Питер Ком, 1997. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК от 486 DX 66 МГц; RAM 1616 Мб; Windows 95; зв. плата. – Загл. с этикетки диска.

2.4 Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи

Критеріями оцінювання розрахунково-графічної роботи є:

- глибина і актуальність знань, показаних студентом в розрахунково-графічній роботі;
- відповідність отриманих результатів завданню.

Оцінка «зараховано» (з подальшим перерахунком у відповідні бали) ставиться, якщо всі критерії повністю досягнуті студентом.

Оцінка «не зараховано» ставиться, якщо не повністю досягнуті всі критерії або вчинено більше двох грубих помилок, у такому разі робота повертається студентові на доопрацювання. Якщо розрахунково-графічну роботу не зараховано, то студент не може бути допущений до семестрового контролю з дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу».

3 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Завданням самостійної роботи студентів є опрацювання додаткової інформації для більш поглибленого вивчення дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» з таких тем:

- поняття моніторингу як системи;
- методи опрацювання даних моніторингу земної поверхні;
- системний підхід до збору інформації про природні явища;
- використання аерокосмічної інформації в природоохоронних проектах;
- використання інструментальних геоінформаційних систем в моніторингу навколишнього середовища;
- застосування геоінформаційних систем ArcInfo і ArcView для вирішення задач екологічного моніторингу.

3.1 Наукові основи екологічного моніторингу

Вперше термін моніторинг з'явився перед проведенням міжнародної конференції в Стокгольмі у 1972 році.

Під моніторингом було вирішено розуміти систему безперервного спостереження, вимірювання та оцінки стану навколишнього середовища. Пізніше система моніторингу була розширена – у неї було включено етап прийняття управлінського рішення.

У даний час під екологічним моніторингом розуміється інформаційна система спостережень, оцінки та прогнозу змін у стані навколишнього середовища, що створена з метою виділення антропогенної складової цих змін на фоні природних процесів.

У системі екологічного моніторингу повинні реалізовуватися дві мети:

- постійна оцінка «комфортності» умов середовища проживання людини та інших біологічних об'єктів;
- надання інформаційної складової для цілей прогнозування, моделювання та прийняття управлінських рішень.

У процесі моніторингу вирішуються такі завдання [1]:

- організація єдиної системи збору та обробки даних спостережень;
- забезпечення достовірності та порівняння даних спостережень;
- організація зберігання даних спостережень, ведення спеціальних банків та баз екологічних даних;
- оцінка та прогноз стану об'єктів навколишнього природного середовища;

– інформаційне забезпечення органів влади та управління комплексною інформацією про стан навколишнього природного середовища та природних ресурсів, а також населення інформацією про проблеми забезпечення екологічної безпеки.

Загальною рекомендацією до системи екологічного моніторингу є системне подання об'єкта моніторингу. Тільки в цьому випадку можливо зібрати дані, які згодом можна буде аналізувати та давати їм змістовну інтерпретацію [2].

Екологічний моніторинг є інформаційною основою для широкого спектра природоохоронної діяльності. Отримані дані використовуються для наукових досліджень, оцінки стану навколишнього середовища та прийняття управлінських рішень.

Глобальна система екологічного моніторингу дозволяє отримувати колосальний обсяг даних будь-якого масштабу, це дані метеорологічних станцій, систем дистанційного зондування (космічні знімки, сейсмозйомка, електромагніторозвідка).

Результати моніторингу вказують на складність та неоднозначність впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище. Для аналізу отриманих даних, а також для прогнозування на основі обробки цих даних виділяються колосальні обчислювальні потужності. Грамотна оцінка ситуації дає нам інформацію про якість навколишнього середовища, існуючі резерви системи та дозволяє реалізувати екологічно доцільні управлінські рішення.

Варто окремо відмітити моніторинг біологічних об'єктів, у цій області ще слабо формалізовані методи оцінки, але потреба у визначенні якості середовища дуже висока. Для розуміння закономірностей функціонування популяції видового, екосистемного рівнів та надекосистемних структур необхідно застосовувати новітні розробки цього напрямку – методи біоіндикації, спектр математичних методів порівняльного аналізу компонентів біорізноманіття, інформаційні технології для обробки екологічних даних, системи штучного інтелекту. Варто помітити, що система екологічного моніторингу не обмежується збором інформації про навколишнє середовище.

Екологічний моніторинг сам по собі є дослідженням, яке включає в себе такі етапи [3]:

- збору даних;
- упорядкування даних;
- аналізу даних;
- прогнозування даних;
- прийняття управлінського рішення.

Постійний моніторинг лежить також в основі функціонування кадастрових систем, геоінформаційних систем, а також екосистемного аналізу.

Найбільш повно дані моніторингу використовуються в системі державних кадастрів. Кадастрові системи необхідні для збору інформації про стан навколишнього середовища, а також для визначення правового і економічного статусу. Завдання обліку та реєстрації змін компонентів навколишнього середовища з'явилися в зв'язку з фіскальними інтересами держави та потребами ринку в правовій підтримці угод з нерухомістю.

3.2 Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища

Як відомо, перші автоматичні системи стеження за параметрами зовнішнього середовища були створені у військових та космічних програмах.

У даний час процес мініатюризації електронних схем дійшов майже до молекулярного рівня, роблячи реальним повністю автоматизовані, з всеосяжним програмним забезпеченням, складні багатоцільові та в той же час компактні, повністю автономні системи стеження за якістю навколишнього середовища.

Основними структурними блоками сучасних автоматичних систем моніторингу є:

- датчики параметрів навколишнього середовища (виділяють датчики активні та пасивні) – температури, концентрації солі у воді, сонячної радіації, іонної форми, металів у водному середовищі, концентрацій основних забруднень атмосфери та вод, включаючи гербіциди, інсектициди, феноли, пестициди, бензапірен та інші забруднювачі;
- датчики біологічних параметрів – приросту деревини, проективного покриття рослинності, гумусу ґрунтів та інше;
- автономне електроживлення на основі досконалих акумуляторів або сонячних батарей, прогрес у розробці яких також був забезпечений протягом останніх 20–30 років фінансуванням космічних програм;
- мініатюризовані радіопередавальні та радіоприймальні системи, що діють на відносно коротку відстань – 10–15 км;
- компактні радіостанції, що передають на сотні та тисячі кілометрів;
- системи супутникового зв'язку, що найчастіше пов'язані з системами глобального позиціонування (наприклад, GPS);
- сучасна обчислювальна техніка, включаючи мобільні пристрої;
- спеціальне програмне забезпечення.

Слід зазначити, що майже скрізь відсутній ефективний зворотний зв'язок між наслідками забруднення та причинами, що його викликали, а це в свою чергу призводить до дисгармонії в системі людина-промисловість-навколишнє середовище.

Перелічимо основні причини, що знижують ефективність зворотного зв'язку між наслідками забруднення та причинами, які його викликають:

- економічні вигоди або втрати цікавлять найбільше всього, а економічний збиток від забруднення навколишнього середовища не прогнозується, часто не усвідомлюється, відкладений з моменту забруднення або від моменту прийняття рішення, що спричинило його за собою, і спасають ситуацію часто не ті, хто в ній винен;

- результати екологічної експертизи не доводяться або не доходять до свідомості більшості громадян, тому що вплив забруднення навколишнього середовища на здоров'я залежить від індивідуальних, вікових, соціальних та психофізіологічних особливостей жителів, а також може бути значно затриманим у часі;

- оцінки та прогнози стану середовища промислового міста, що необхідні для обґрунтованого ведення планово-попереджувальних природоохоронних заходів, вимагають спеціальних знань у галузі точних та природничих наук, і часто далеко виходять за вузькі рамки стандартних методик, що використовуються у практиці природоохоронних служб.

Таким чином, з точки зору інформаційних завдань управління якістю навколишнього середовища основні проблеми полягають у тому, що:

- відсутній або затруднений прогноз стану середовища міста в залежності від дій суб'єктів та стану об'єктів управління;

- результати оцінки або прогнозу не доходять до тих, кому вони призначені або представлені в тому вигляді, в якому адресат їх не сприймає.

Неефективна робота традиційних систем отримання, обробки та передачі інформації призводить до порушень в системах прийняття рішень.

Цю ситуацію не можна виправити ні законодавчими, ні адміністративними заходами на етапі прийняття рішень без підвищення ефективності роботи міської інформаційної інфраструктури управління якістю навколишнього середовища.

Щоб успішно управляти територією та раціонально розпоряджатися її ресурсами, потрібно добре уявляти собі узагальнені характеристики її стану та мати можливість оперативно та в наочній формі отримувати необхідні для прийняття рішень детальні відомості про об'єкти управління.

Проблема вирішується таким чином: створюють розподілену інформаційну систему, в якій ієрархічна побудова відображає реальну адміністративну підлеглість екологічних організацій, що регламентує контроль та управління.

Інформаційно-аналітична система екологічних служб міста – це розподілена інформаційна система, призначена для забезпечення засобами телекомунікації та математичного моделювання завдань організації контролю, аналізу та прогнозу стану навколишнього середовища, а також на цій основі забезпечення завдань управління якістю середовища.

Система багаторівнева та будується за ієрархічним принципом відповідно до реальної адміністративної та відомчої підпорядкованості екологічних організацій.

У системі верхні інформаційні потоки несуть контрольну та зведену інформацію, локальні оцінки та прогнози, а низькі інформаційні потоки – розпорядження, нормативно-методичне забезпечення управлінських рішень, глобальні оцінки та прогнози.

Таким чином, можна створити єдиний інформаційний простір з єдиною нормативно-методичною базою, необхідною для проведення еколого-економічних експертиз, для оцінки та прогнозу стану території та здоров'я населення.

3.3 Системний підхід до збору інформації про природні явища

Сучасна система моніторингу – це складний багатокомпонентний комплекс. У даний час окремі системи екологічного моніторингу об'єднують в єдину екологічну інформаційну систему.

Вважається, що екоінформаційні системи включають в себе системи екологічного моніторингу та служать функціональною основою процесу управління екологічно безпечного розвитку на різних ієрархічних рівнях територіального поділу. У будь-якому випадку екоінформаційна система повинна забезпечувати вирішення таких задач [1]:

- підготовка інтегрованої інформації про стан навколишнього середовища, прогнозів вірогідних наслідків господарської діяльності та рекомендацій щодо вибору варіантів безпечного розвитку регіону для систем підтримки прийняття рішення;

- імітаційне моделювання процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, з урахуванням існуючих рівнів антропогенного навантаження та можливих результатів прийнятих управлінських рішень;

- оцінка ризику для існуючих та проєктованих підприємств, окремих територій, з метою управління безпекою техногенних впливів;
- накопичення інформації по тимчасовим трендам параметрів навколишнього середовища з метою екологічного прогнозування;
- підготовка електронних карт, що відображають стан навколишнього середовища регіону;
- складання звітів про досягнення цілей сталого розвитку для державних та міжнародних організацій;
- обробка та накопичення в базах даних результатів локального та дистанційного моніторингу, виявлення параметрів навколишнього середовища найбільш чутливих до антропогенних впливів [3];
- обґрунтування оптимальної мережі спостережень для регіональної системи екологічного моніторингу;
- обмін інформацією про стан навколишнього середовища (імпорт та експорт даних) з іншими екоінформаційними системами;
- надання інформації, необхідної для контролю за дотриманням прийнятих законів, для екологічної освіти, для засобів масової інформації.

Таким чином, екоінформаційні системи повинні бути орієнтовані на комплексне використання результатів екологічного моніторингу (рис. 3.1), забезпечуючи перетворення первинних результатів вимірювань в форму, придатну для підтримки прийняття рішень, що сприяють сталому розвитку окремих регіонів та планети в цілому. При цьому, у міру переходу від первинних результатів екологічного моніторингу до знань про стан навколишнього середовища, змінюються методи роботи з інформацією.

У екоінформаційній системі можна виділити три рівня, орієнтованих на вирішення різних задач екологічного моніторингу та відрізняються за методами роботи з екологічною інформацією.

Верхній рівень складають програмні модулі для підтримки прийняття рішень, середній – програмне забезпечення, що дозволяє провести системний аналіз інформації про стан навколишнього середовища, а нижній – модулі обробки первинної екологічної інформації.

Поява глобальної комп'ютерної мережі Інтернет та розробка передових інформаційних технологій відкрили новий етап розвитку екологічного моніторингу. Особливістю нового етапу є широке використання телекомунікаційної інфраструктури, а також гіпертекстових та інтерактивних інформаційних технологій, які надзвичайно перспективні в дистанційному моніторингу стану навколишнього середовища.

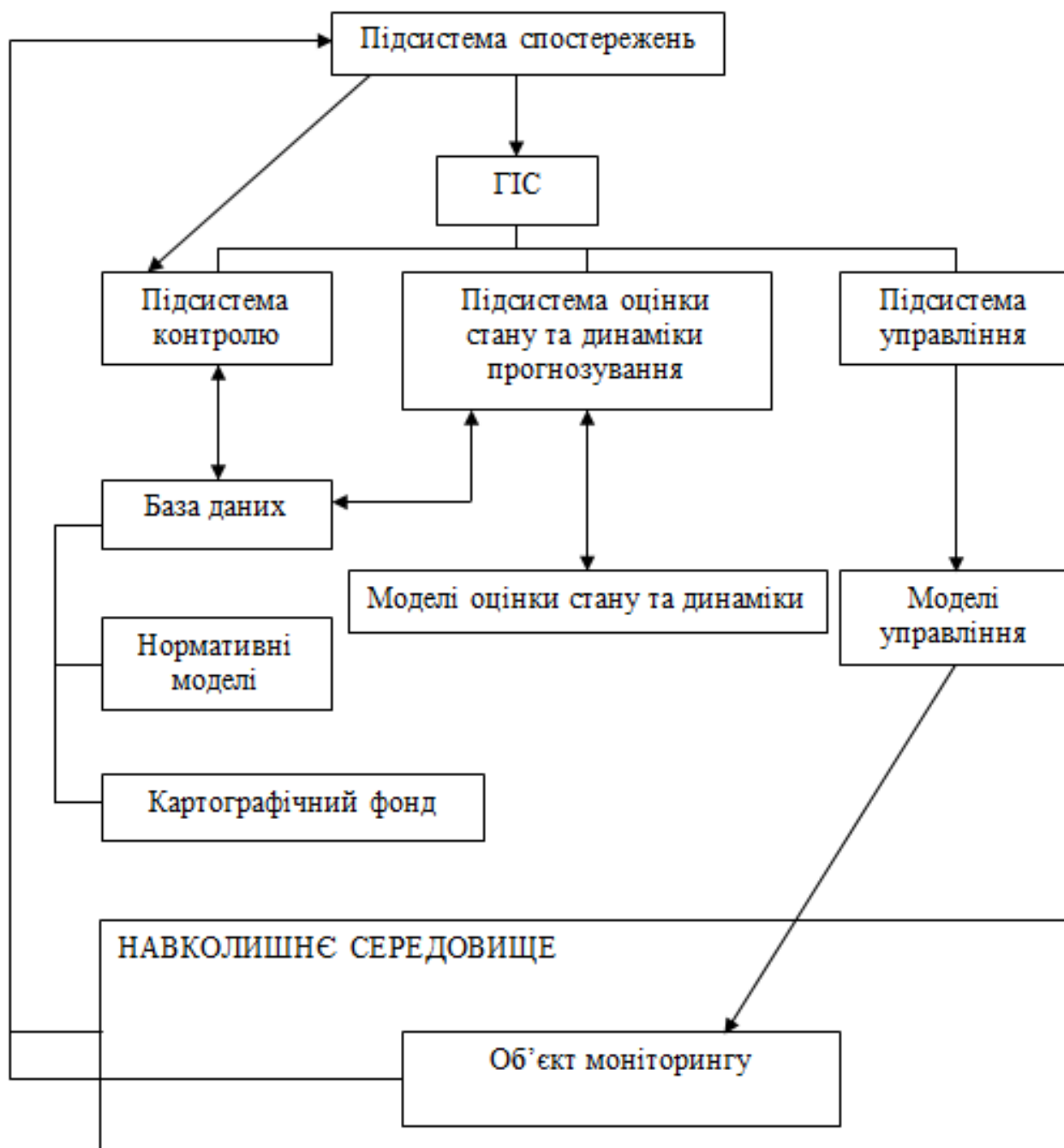


Рисунок 3.1 – Система екологічного моніторингу

Актуальною є також проблема інтегрування національних інформаційних ресурсів з навколишнього середовища, створення регіональних баз даних та розширення електронних колекцій за результатами космічного екологічного моніторингу.

Бурхливий розвиток даної галузі дозволяє навіть говорити про створення нового наукового напрямку – екоінформатика.

3.4 Використання аерокосмічної інформації в природоохоронних проектах

Одним з основних джерел даних для екологічного моніторингу є матеріали дистанційного зондування, вони об'єднують всі типи даних, що отримують з носіїв [1]:

- космічні (пілотовані орбітальні станції, кораблі багаторазового використання, автономні супутникові знімальні системи);

- авіаційного базування (літаки, вертольоти та мікроавіаційні радіокеровані апарати), що складають значну частину дистанційних даних (remotely sensed data), як безконтактних (передусім наземних) видів зйомок, способів отримання даних вимірювальними системами в умовах фізичного контакту з об'єктом зйомки;

- до безконтактних (дистанційних) методів зйомки, крім аерокосмічних, відносяться різноманітні методи морського (наводного) та наземного базування, включаючи, наприклад, фототеодолітну зйомку, сейсмо, електромагніторозвідку та інші методи геофізичного зондування надр, гідроакустичні зйомки рельєфу морського дна за допомогою гідролокатору бокового огляду, інші способи, що засновані на реєстрації власного або відбитого сигналу хвильової природи.

Дистанційне зондування здійснюється спеціальними приладами – *датчиками*. Датчики можуть бути пасивними та активними, причому пасивні датчики вловлюють відбите або випущене природне випромінювання, а активні здатні самі випромінювати необхідний сигнал та фіксувати його віддзеркалення від об'єкту.

До пасивних датчиків належать оптичні та скануючі пристрої, що діють в діапазоні відбитого сонячного випромінювання, включаючи ультрафіолетовий, видимий та ближній інфрачервоний діапазони.

До активних датчиків належать радарні пристрої, скануючі лазери, мікрохвильові радіометри та інші. У даний час в області розробки оперативних космічних електронних систем дистанційного зондування намітилася тенденція до комбінованого використання різних багатоканальних, багатоцільових датчиків з високою роздільною здатністю, включаючи всепогодне обладнання. Поряд з цим, як і раніше використовуються неоперативні космічні системи з панхроматичним фотоустановуванням та багатоспектральними фотокамерами, що забезпечують високу роздільну здатність та геометричну точність.

Результати дистанційних вимірювань, що здійснюються за допомогою бортової інформаційно-вимірювальної апаратури аерокосмічної системи, є реєстрацією в аналоговій або цифровій формі характеристик електромагнітного випромінювання, відбитого від ділянок земної (водної) поверхні або власного випромінювання цих ділянок.

В умовах хмарності, що покриває 70–80 % поверхні Землі, зондування в мікрохвильовому діапазоні дозволяє реєструвати випромінювання крізь хмари, при цьому в міліметровому та сантиметровому діапазонах ще необхідно враховувати вплив атмосфери, а в дециметровому діапазоні в цьому немає необхідності. При високій якості зображення фотографічні зйомки виконуються не систематично; лише в окремих випадках можливе отримання повторних знімків на одну і ту ж територію. Через епізодичності зйомок та труднощів, що пов'язані з хмарністю, регулярне покриття території таким видом зйомки поки не забезпечується. Тому доводиться звертатися до знімків інших типів – телевізійним та сканерним знімкам із супутників подвійного призначення та ресурсних супутників.

Багатозональна зйомка ведеться багато років, дослідники накопичили великий обсяг емпіричних даних. Вже добре відомо, які співвідношення яскравості в різних зонах спектру відповідають рослинності, оголеному ґрунту, водним поверхням, урбанізованим територіям та іншим поширеним типам ландшафту, існують бібліотеки спектрів різних природних утворень. Висловивши ці співвідношення у вигляді лінійних комбінацій різних зон, можна отримати так звані індекси.

Так як багато сучасних систем дистанційного зондування Землі здійснюють зйомку в видимій червоній та ближній інфрачервоній частинах спектру, то поширеним методом є обчислення *нормалізованого вегетаційного індексу* (NDVI). Нормалізований вегетаційний індекс показує наявність та стан рослинності по співвідношенню відбитих енергій в двох спектральних каналах, ця залежність заснована на різних спектральних властивостях хлорофілу у видимому та ближньому інфрачервоних діапазонах.

Аналіз зображень, що заснований тільки на спектральних властивостях об'єктів обмежує можливості отримання інформації про структуру насаджень. В основі текстурного аналізу зображень лежить пошук закономірностей просторової варіабельності пікселя та його оточення.

Проведення текстурного аналізу цифрових космознімків дозволяє автоматично розділяти насадження по розбіжностям в їх структурі, так як зміна текстурних показників пов'язана зі змінами в розподілі рослинного покриву.

Текстурні показники є додатковим інформаційним ресурсом під час обробки цифрових знімків з космосу в лісогосподарських цілях.

Мультиспектральна класифікація зображень ґрунтується на пошуку пікселів аналогічних еталону за його спектральними характеристиками, це дозволяє створювати лісові тематичні електронні карти.

Процедура класифікації зображень полягає в пошуку аналогічних пікселів зображення та угрупованню їх у класи або категорії, що засновані на значеннях яскравості. Класифікація зображень поділяється на автономну та класифікацію з навчанням.

Результатом аналізу даних дистанційного зондування є растрові тематичні карти. Інформація про насадження, що міститься в геоінформаційних системах у вигляді електронних карт, які суміщаються з таксаційними базами даних, може бути використана для створення нової інформації та оновлення електронних карт на основі порівняння результатів обробки зображень з даними лісовпорядкування.

Технологія ведення безперервного лісовпорядкування може бути заснована на використанні експертних систем аналізу зображень, які формують в автоматичному режимі пропозиції для внесення змін в електронні лісовпорядні матеріали, подальшому здійсненні перевірки виявлених змін та їх внесення в електронні карти. У результаті поновлення планово-картографічних матеріалів можлива автоматична зміна таксаційної бази даних.

Точність результатів аналізу зображень може бути підвищена шляхом інтеграції різних типів даних про територію (рельєф, нахил, аспект, тип ґрунтів, інформація минулого лісовпорядкування, кліматичні показники) та використання різних технологій класифікації зображень.

Обробка зображень людиною в лісогосподарських цілях це потужний інструмент, особливо в поєднанні з автоматизованими технологіями їх аналізу. Автоматична інтерпретація зображень більш оперативна та більш об'єктивна, ніж інтерпретація зображень людиною, це дозволяє під час дешифрування знаходити загублені деталі різної інформації.

Виявлення змін на основі автоматичного порівняння електронних матеріалів лісовпорядкування, результатів аналізу та даних дистанційного зондування – це новий підхід в управлінні лісовим господарством.

Таким чином, комплексне використання даних дистанційного зондування та нових технологій їх обробки з залученням натурних досліджень дозволить більш раціонально використовувати природні ресурси та значно скоротити витрати на оновлення інформації про лісовий фонд, потреби в якій зростають.

3.5 Використання інструментальних геоінформаційних систем в моніторингу навколишнього середовища

Всі моніторингові дані повинні бути прив'язані до певних об'єктів. Під час роботи з конкретними об'єктами активно використовуються географічні інформаційні системи, які дозволяють працювати з різними цифровими картографічними матеріалами, а також оперативно доповнювати їх свіжими моніторинговими даними [4].

Під час руху екологічної інформації від локального рівня (місто, район, зона впливу промислового об'єкту) до державного масштабу картооснови, на яку ця інформація наноситься та збільшується, отже, змінюється роздільна здатність інформаційної ситуації екологічної обстановки на різних ієрархічних рівнях екологічного моніторингу.

На локальному рівні екологічного моніторингу в інформаційному блоці повинні бути присутніми всі джерела емісій (вентиляційні труби промислових підприємств, випуски стічних вод т.д.). На регіональному рівні близько розташовані джерела впливу «зливаються» в одне групове джерело.

У результаті цього на регіональному інформаційному рівні невелике місто з кількома десятками емісії виглядає як одне локальне джерело, параметри якого визначаються за даними моніторингу джерел.

На державному рівні екологічного моніторингу спостерігається ще більше узагальнення просторово розподіленої інформації. Як локальні джерела емісії на цьому рівні можуть грати роль промислові райони, досить великі територіальні утворення. При переході від одного ієрархічного рівня до іншого узагальнюється не тільки інформація про джерела емісії, а й інші дані, що характеризують екологічну обстановку. Але варто зазначити, що під час використання геоінформаційних систем всі дані всіх масштабів зберігаються на комп'ютерних носіях і можуть бути в подальшому використані.

Створення блоку моделей для інформаційно-аналітичної системи управління якістю середовища промислового міста потребує практично всього арсеналу сучасної науки. Однак, починати треба з найбільш простих, актуальних та близьких до реалізації моделей. Такими є стандартні моделі, що застосовуються в екологічній експертизі, які необхідно налаштувати або доопрацювати відповідно до місцевих умов та задач.

Наступними на реалізацію потребують моделі, необхідність використання яких вже усвідомлюється суспільством, але вони складні та вимагають витрат на розробку та програмну реалізацію.

Існує модельний арсенал вчених-фахівців, який може бути використаний для проведення екологічної експертизи або прогнозів.

Як правило, ці моделі складні, погано формалізовані в тому сенсі, що скористатися ними можуть тільки самі автори.

Такий стан справ накладає певні вимоги на організацію інформаційної системи та її програмне середовище. Поряд з жорстко регламентованими відомчими та адміністративними каналами інформації повинні бути і канали вільного інформаційного обміну, це дозволить:

- вести дослідні роботи на основі відкритої суспільно значимої інформації, що накопичується в системі;
- полегшити проведення нестандартних запитів на екологічну експертизу або розробку екологічно чистих технологій;
- налагодити та формалізувати обмін інформацією між організаціями, що її постачають, науковими та екологічними організаціями, що її обробляють, та організаціями, що її використовують;
- створити передумови для подальшого розвитку наукомісткої частини інформаційної системи та відповідно для підвищення якості екологічної експертизи та прогнозу.

Моделі для експертно-прогностичної частини інформаційної системи розробляються та включаються в неї в міру розвитку системи та запитів її користувачів за домовленістю з авторами моделей або їх програмної реалізації. Це дозволить мати зацікавлених у кінцевому результаті виконавців, здатних при необхідності доопрацювати або вдосконалити методики відповідно до умов, що змінюються під час експлуатації системи.

Найбільшого поширення набула модель професора М. Є. Берлянда. Відповідно до цієї моделі ступінь забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин з безперервно діючих джерел визначається за найбільшим розрахованим значенням разової приземної концентрації шкідливих речовин, яка встановлюється на деякій відстані від місця викиду при несприятливих метеорологічних умовах, коли швидкість вітру досягає небезпечного значення, і в приземному шарі відбувається інтенсивний турбулентний обмін.

Модель дозволяє розраховувати поле разових максимальних концентрацій домішки на рівні землі під час викидів з одиночного джерела та групи джерел, при нагрітих та холодних викидах, а також дає можливість одночасно врахувати дію різнорідних джерел та розрахувати сумарне забруднення атмосфери від сукупності викидів стаціонарних та пересувних джерел. Алгоритм і порядок проведення розрахунків полів максимальних концентрацій викладені в методиках та відповідних інструкціях.

3.6 Застосування геоінформаційної системи ArcGIS для вирішення задач екологічного моніторингу

Геообробка призначена для всіх користувачів ArcGIS [5]. Головними цілями геообробки є надання інструментів та основ виконання геоінформаційного аналізу та управління географічними даними. Можливості моделювання та аналізу, які надає геообробка, роблять ArcGIS повноцінною геоінформаційною системою [4].

Геообробка включає в себе велику кількість інструментів для вирішення геоінформаційних задач, починаючи від простої побудови буфера та накладення полігонів до комплексного регресійного аналізу та класифікації зображень.

Багато із задач, які необхідно автоматизувати, можуть бути звичайними, наприклад, перетворити групи даних з одного формату в інший, або задачі, які можуть бути дуже креативними, вирішення яких вимагає послідовності операцій моделювання та аналізу комплексних просторових відношень, наприклад:

- розрахунок оптимальних маршрутів через транспортну мережу;
- прогнозування поширення природних пожеж;
- аналіз та знаходження закономірностей в розташуванні місць скоєння злочинів;
- визначення територій, схильних до зсувів;
- прогноз повені внаслідок злив.

Геообробка базується на загальному середовищі перетворення даних. Стандартний інструмент геообробки здійснює операції з набором даних ArcGIS (клас просторових об'єктів, растр або таблиця) та створює новий набір даних як результат роботи інструменту. Кожен інструмент геообробки виконує невелику, але важливу операцію з географічними даними.

Геообробка дозволяє складати ланцюжки інструментів, коли заключні дані попереднього інструменту є вихідними для наступного, тому можна використовувати цю можливість для формування необмеженого числа моделей геообробки (послідовність застосування інструментів), які допоможуть автоматизувати роботу та вирішити складні проблеми.

Геостатистика – це розділ статистики, який займається аналізом та прогнозуванням значень, пов'язаних з просторовими та просторово-часовими явищами. Геостатистика включає просторові (і в деяких випадках тимчасові) координати аналізованих даних.

Багато геостатистичних інструментів спочатку були розроблені як практичні засоби опису просторових моделей та інтерполяції значень для розташування, в яких не проводилися вимірювання. Згодом такі інструменти та методи розвинулися і тепер надають не тільки інтерпольовані значення, але і міри невизначеності для таких значень. Вимірювання невизначеності важливо для обґрунтованого прийняття рішень, оскільки вона надає відомості про можливі значення (результати) для всіх місць розташування, а не тільки для одного проінтерполірованого значення.

Геостатистичний аналіз також пройшов шлях від одновимірного до багатовимірного і сьогодні пропонує механізми, що враховують допоміжні набори даних, які доповнюють основні змінні, дозволяючи створювати більш точні моделі інтерполяції та невизначеності.

Геостатистика широко використовується в багатьох областях науки та інженерних роботах, наприклад таких [6]:

- у гірничодобувній галузі геостатистика використовується на різних етапах проекту: спочатку вона дозволяє кількісно оцінити обсяг мінеральних ресурсів та визначити економічну рентабельність проекту, а потім у міру надходження оновлених даних геостатистика дозволяє на регулярній основі приймати рішення про те, яка порода повинна надходити на збагачувальну фабрику, а яка є відходами;

- у науках про навколишнє середовище геостатистика використовується для оцінки рівня забруднення та дозволяє визначити чи є таке забруднення загрозою для екології або здоров'я людини та чи потребує воно усунення наслідків;

- відносно недавнє застосування в ґрунтознавстві пов'язано з картуванням рівнів поживних речовин в ґрунті (азот, фосфор, калій і т.д.) та інших показників (включаючи електропровідність) з метою вивчення їх зв'язку з урожаєм та розрахунком точних обсягів добрив для різних ділянок поля;

- у метеорології геостатистика використовується для прогнозування температур, опадів та пов'язаних явищ (наприклад, кислотних дощів);

- нещодавно геостатистики стала застосовуватися в галузі охорони здоров'я, наприклад, для передбачення рівнів забруднення навколишнього середовища і їх зв'язку з частотою ракових захворювань.

У всіх цих прикладах загальним є наявність деякого цікавого явища, яке присутнє в досліджуваному ландшафті (наприклад, рівень забруднення ґрунту, води, повітря або наявність золота чи іншого металу в породі і т.д.). Масштабні дослідження вкрай затратні та вимагають багато часу, тому явище досліджують на підставі зразків, узятих у різних місцях.

За допомогою методів геостатистики складаються прогнози (оцінюються пов'язані заходи невизначеності інтерполяції).

В ArcGIS додаток Geostatistical Analyst надає набір інструментів, що дозволяють створювати моделі, які використовують просторові координати, такі моделі можуть бути застосовані в широкому ряді сценаріїв, зазвичай, вони використовуються для інтерполяції значень позаопорних місцях розташування та вимірювання невизначеності цієї інтерполяції.

Перший крок, як і в будь-якому дослідженні, – це ретельне вивчення даних. Цей процес починається з картографування набору даних з використанням класифікації та колірної схеми, що дозволяють ясно відобразити важливі характеристики, які може містити набір даних, наприклад:

- сильне зростання значень з півночі на південь;
- поєднання високих та низьких значень поза певного порядку (це може означати, що дані були відібрані в масштабі, що не відображає просторову кореляцію);
- більш щільно відібрані зони (преференційна вибірка), що може призвести до вирішення використовувати ваги декластеризації в аналізі даних;

Другий крок – це побудова геостатистичної моделі. Цей процес може включати кілька кроків у залежності від цілей вивчення (типів інформації, яку вірогідно надає модель) та від характеристик набору даних, які вважалися досить важливими для включення.

На цьому кроці інформація, що зібрана під час ретельного дослідження набору даних, та первинні знання про явище, визначають рівень складності моделі та ступінь точності інтерпольованих значень і заходів невизначеності.

Побудова моделі може включати [3]:

- попередню обробку даних для видалення просторових трендів, які моделюються окремо і додаються назад на фінальному етапі процесу інтерполяції;
- перетворення даних для більшої відповідності гауссовому розподілу (потрібно для декількох методів та заключних даних моделі);
- декластеризацію набору даних для компенсації преференційної вибірки.

Велику кількість інформації можна отримати ретельно досліджуючи набір даних, однак, важливо включити будь-які відомості, які можуть бути про явище спочатку. Розробник не може покладатися тільки на набір даних, щоб показати всі важливі характеристики. Характеристики, що не відобразяться, можуть бути включені в модель шляхом налаштування значень параметрів для відображення очікуваного результату.

Дуже важливо, щоб модель була реалістичною, наскільки це можливо, для точного подання інтерпольованих значень та пов'язаних з ними невизначеностей як характеристики реального явища.

Крім попередньої обробки даних, у наборі даних може бути необхідно змодельовати просторову структуру (просторову кореляцію). Деякі методи, наприклад, крігінг, вимагають ретельного моделювання з використанням функцій варіограми або коваріації, тоді як інші методи, такі як метод зворотних зважених відстаней, спираються тільки на передбачувану ступінь просторової структури, інформацію про яку проєктувальник повинен надати на основі попередніх даних про явище.

Підсумковим компонентом моделі є пошук стратегії. Стратегія визначає, як багато точок даних буде використовуватися для обчислення значення для неопорного розташування. Також можна задати їх просторову конфігурацію (положення відносно один одного та неопорного розташування).

Обидва фактора впливають на інтерпольоване значення та пов'язану з ним невизначеність. Для багатьох методів задається еліпс пошуку поряд з кількістю секторів еліпсу та кількістю точок, взятих з кожного сектору для побудови прогнозу.

Після того як модель повністю задана, вона буде використана разом з набором даних для створення інтерпольованих значень для всіх неопорних розташувань, що знаходяться в області інтересу.

Підсумком, зазвичай, є створення карти, яка б показала значення змодельованої змінної. Підсумок випадаючих значень може бути досліджено на цьому кроці, оскільки ці значення, можливо, змінять значення параметру моделі, і, таким чином, зміниться інтерполяція карти.

Залежно від методу інтерполяції, також можна використовувати схожу модель для обчислення міри невизначеності інтерпольованих значень. Не всі моделі мають цю можливість тому важливо спочатку задати чи необхідне вимірювання невизначеності, це, у свою чергу, визначить, яка з моделей є пріоритетною.

Оскільки використовуються всі типи моделювання, результат моделювання необхідно перевірити, тобто переконатися, що інтерпольовані значення та пов'язані з ними міри невизначеності є значущими та відповідають очікуванням.

Після побудови відповідної моделі, її налаштування та перевірки результату, отримані результати можуть бути використані в аналізі ризиків та прийняття рішень.

Модуль ArcGIS Geostatistical Analyst надає можливість моделювання поверхні з використанням детермінованого та геостатистичного методів. Надані інструменти повністю інтегровані в середовище геоінформаційного моделювання та дозволяють фахівцям створювати моделі інтерполяції та оцінювати їх якість до використання в подальшому аналізі.

Поверхні (заклучні моделі) можуть надалі використовуватися в моделях (ModelBuilder та Python), відображатися та аналізуватися за допомогою інших додаткових модулів ArcGIS, таких як ArcGIS Spatial Analyst та ArcGIS 3D Analyst.

Інструменти, що надаються модулем ArcGIS Geostatistical Analyst, групуються в три категорії:

- панель інструментів Geostatistical Analyst надає доступ до серії діаграм Spatial Data Analysis (ESDA);
- майстер операцій геостатистики (також доступний через панель інструментів) дозволяє аналітикам створювати та оцінювати модель інтерполяції;
- набір інструментів геообробки, які спеціально призначені для роботи з заклучними даними моделей та розширюють можливості Майстра операцій геостатистики.

Майстер операцій геостатистики (Geostatistical Wizard) – це динамічний набір сторінок, які розроблені з метою провести процес побудови моделі інтерполяції та оцінки її якості. Вибір, зроблений на сторінці, визначає доступні параметри на наступних сторінках та способи взаємодії з даними для побудови відповідної моделі. Майстер веде від точки вибору методу інтерполяції до перегляду підсумкової статистики, що дозволяє оцінити очікувану якість моделі. Під час побудови моделі інтерполяції майстер дозволяє вносити зміни в значення параметрів, пропонує оптимальні значення та дозволяє рухатися вперед або повертатися назад для оцінки результатів перехресної перевірки, щоб визначити чи задовольняє поточна модель вимогам, чи необхідно змінити значення параметрів. Така гнучкість, у доповненні до перегляду динамічних даних та поверхонь, робить майстер повнофункціональним середовищем для побудови моделей інтерполяції.

Майстер Geostatistical Wizard надає доступ до кількох методів інтерполяції, які поділяються на два типи: детерміновані та геостатистичні.

Необхідно чітко розуміти задачі вивчення та способи прогнозування значень, а також володіти іншою супутньою інформацією для прийняття більш обґрунтованих рішень під час вибору методу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Світличний О. О. Основи геоінформатики: навч. посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
2. Светличный А. А. Географические информационные системы: учеб. для вузов / А. А. Светличный, В. Н. Андерсон, С. В. Плотницкий. – М. : Недра, 1996. – 122 с.
3. Michael Zeiler Моделирование нашего мира. Пособие ESRI по проектированию баз геоданных / Michael Zeiler. – Киев : ECOMM, 2003. – 182 с.
4. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем / В. Д. Шипулін. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.
5. Методические указания к работе в обучающей системе «Представление ArcView GIS» / Под редакцией Шипулина В. Д. – Харьков : ХДАМГ, 2002. – 96 с.
6. Шипулін В. Д. Планування і управління проектами ГІС: навч. посібник ХНАМГ / В. Д. Шипулін, Е. И. Кучеренко. – Харків : ХНАМГ, ХНУРЕ, 2009. – 158 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

для виконання практичних, розрахунково-графічної та самостійної робіт
з навчальної дисципліни

«ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЗАДАЧАХ МОНІТОРИНГУ»

*(для студентів I курсу денної форми навчання
спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій
спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології»)*

Укладач **ТВОРОШЕНКО** Ірина Сергіївна

Відповідальний за випуск *К. О. Метешкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *І. С. Творошенко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2016, поз. 37 М

Підп. до друку 07.12.2016 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі

Ум. друк. арк. 5,4

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.